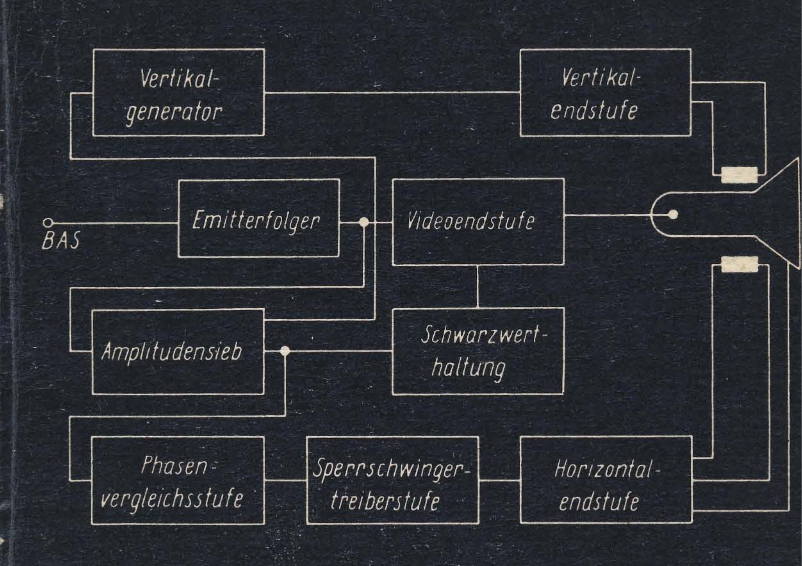
amateurreihe

electronica



Rolf Kruse · Hartmut Lachmann

Amateurfernsehanlagen

electronica · Band 126
Amateurfernsehanlagen

ROLF KRUSE · HARTMUT LACHMANN

Amateurfernsehanlagen



MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Bereits in den 50er Jahren war man bestrebt, die bis dahin in erster Linie von Rundfunkanstalten für ihre Unterhaltungs- und Informationsprogramme genutzten Möglichkeiten des Fernsehens auch anderweitig einzusetzen — es entwickelte sich das „Angewandte oder industrielle Fernsehen“. Bedingt durch diese Entwicklung der Fernsehtechnik, ist das Interesse zum Selbstbau von Amateurfernsehanlagen für Radioklubs, *GST*-Stationen und für einzelne Amateure wesentlich gewachsen. Eine komplexe und umfassende Darstellung der Probleme und Möglichkeiten, die beim Selbstbau von Amateurfernsehanlagen auftreten, gab es in der Literatur bisher nicht. Daher ist es die Absicht der Verfasser, den Interessenten einerseits eine Arbeitsgrundlage zu geben und andererseits das Amateurfernsehen zu popularisieren.
Die theoretischen Grundlagen des Fernsehens werden nur so weit erläutert, wie das für einen Selbstbau unbedingt notwendig ist. Der Schwerpunkt wurde auf die praktische Ausführung gelegt. Die einzelnen Baugruppen sind so aufgebaut, daß der Amateur zwischen den einzelnen Schaltungsvarianten wählen und sich somit je nach vorhandenem Material eine eigene Fernsehanlage aufbauen kann. Der meßtechnische Aufwand wurde bewußt gering gehalten. Dadurch kommt der Amateur mit Vielfachmesser und Oszillograf aus. Darüber hinaus werden einfache Prüfsignalgeberschaltungen für den Selbstbau beschrieben.

Berlin, im Oktober 1973

Rolf Kruse
Hartmut Lachmann

1. Prinzip der Bildübertragung

1.1. Signalerzeugung

Es ist theoretisch zwar möglich, ein komplettes Bild zu übertragen, jedoch wäre dazu ein unökonomisch hoher technischer Aufwand erforderlich. So müßten z. B. für eine solche Übertragung etwa 400 000 Übertragungswege gleichzeitig zur Verfügung stehen. Um diesen Aufwand zu umgehen, wird das Bild in einzelne Bildpunkte zerlegt, die man nacheinander sendet. Anschließend werden die einzelnen übertragenen Bildpunkte im Empfänger wieder zusammengesetzt. Dieses Verfahren ist ökonomisch und wird von allen Fernsehstationen angewendet. Bei diesem punktweisen Übertragungsverfahren wird die Trägheit des menschlichen Auges bewußt ausgenutzt. Jeder auf die Netzhaut des Auges einwirkende Lichteindruck erzielt dort eine Nachwirkung, die erst nach etwa $\frac{1}{20}$ s abklingt, d.h., obwohl der äußere Lichtreiz nicht mehr vorhanden ist, bleiben die Zäpfchen bzw. Stäbchen im Auge noch etwa $\frac{1}{20}$ s angeregt. Erfolgt die gesamte Bildzerlegung oder Zusammensetzung innerhalb dieser Zeit, so können wir diese einzelnen Bildpunkte nicht wahrnehmen — wir erhalten ein komplettes Bild.

Die eigentliche Signalerzeugung einer Fernsehanlage (Bild 1.1) erfolgt in der Aufnahmeröhre (Signalgeber). Hierzu wird das zu übertragende Bild mit einer geeigneten Optik scharf auf der Aufnahmeröhre abgebildet. Ein Elektronenstrahl tastet dieses Bild (Ladungsbild) ab, wobei jeder abgetastete Bildpunkt einem Stromimpuls entspricht. Das Abtasten geschieht nicht unregelmäßig, sondern nach einer feststehenden geometrischen Anordnung und mit konstanten Frequenzen für die horizontale und vertikale Richtung. Bei der Abtastung wird das Bild in Zeilen zerlegt, die nacheinander, links oben

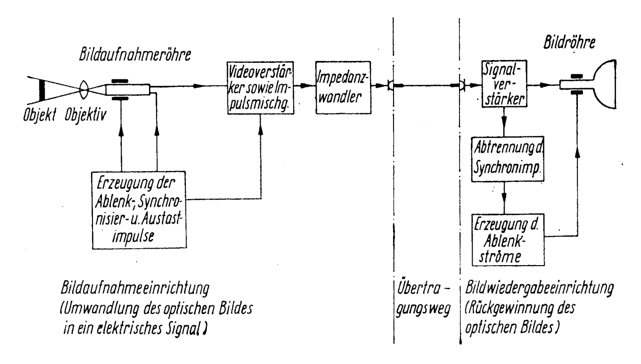


Bild 1.1 Prinzip der Bildübertragung

beginnend, Punkt für Punkt abgetastet werden, bis der Abtaststrahl unten rechts angelangt ist.
Bild 1.2 zeigt diese zeilenweise Abtastung eines Bildes. Die waagerechte Abtastung wird mit der Horizontalfrequenz, die senkrechte mit der Vertikalfrequenz vorgenommen. Das von der Aufnahmeröhre kommende Signal wird in einem nachgeschalteten Verstärker auf etwa $U_{ss} \triangleq 1$ V an 75 Ω verstärkt. Gleichzeitig setzt man im Verstärker dem eigentlichen Bildsignal noch Gleichlaufimpulse (auch Synchronimpulse genannt) zu, damit sich im Empfänger das in Bildpunkte zerlegte Bild wieder in der richtigen Reihenfolge zusammenfügen läßt, d. h., es muß dem Empfänger mitgeteilt werden, wann ein Zeilenwechsel bzw. ein Bildwechsel erfolgt. Bild 1.3 zeigt den Spannungsverlauf einer abgetasteten Zeile eines Streifenbilds mit stufenweise abnehmender Schwärzung (Graukeil). Die Breite eines Streifens beträgt dabei mehrere waagerechte Bildpunkte. Die für die Ablenkung des Elektronenstrahls in

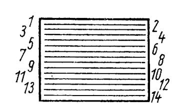


Bild 1.2 Zeilenweise Abtastung eines Bildes

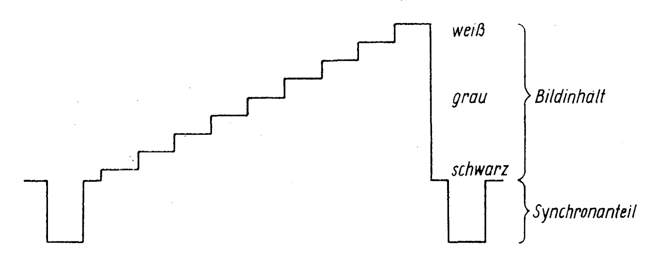


Bild 1.3 Spannungsverlauf beim Abtasten eines Graukeils

der Aufnahmeröhre und in der Wiedergaberöhre notwendigen Ablenkimpulse werden in einem Taktgeber erzeugt. Die Übertragung des Bildsignals einschließlich der zugemischten Synchronimpulse kann mit Kabel oder durch HF-Abstrahlung erfolgen. Für den Amateur ist eine Kabelübertragung vorzuziehen, da man hierbei die Bestimmungen der *Deutschen Post* für eine hochfrequente Abstrahlung nicht berücksichtigen muß und keine Amateurfunkgenehmigung benötigt wird. Auch der technische Aufwand ist bei der Kabelübertragung geringer.

1.2. Bildauflösung und Bildfrequenzen

Die Bildauflösung einer Fernsehanlage ist grundsätzlich von der Beschaffenheit der Bildaufnahmeröhre und der oberen Grenzfrequenz des Videoverstärkers abhängig.
Für den Amateur eignet sich als Bildaufnahmeröhre besonders das preisgünstige Endikon. Beim Endikon ist der erreichbare Durchmesser des Abtaststrahls wesentlich größer als die Einzelelemente, aus denen die lichtempfindliche Fotohalbleiterschicht besteht, so daß der Abtaststrahl beim Abtasten des Ladungsbilds gleichzeitig mehrere fotoempfindliche Elemente abtastet. Dadurch sinkt die Anzahl der wirksamen Bildelemente.
Legt man in vertikaler Richtung die Zeilenzahl mit 625 fest und arbeitet mit 25 Bildwechsel je Sekunde, so werden in der Sekunde 25 Bilder mit 625 Zeilen geschrieben. Das ergibt eine

Zeilenfrequenz f_z von $25 \times 625 = 15625$ Hz. Die Abtastzeit einer Zeile errechnet sich aus der Beziehung

$$t = \frac{1}{f_z} = 64\,\mu s\ . \tag{1}$$

Einen entscheidenden Einfluß auf die Bildauflösung hat die geforderte Detailübertragung. Je feiner die zu übertragenden Einzelheiten, um so besser muß die Bildauflösung des gesamten Fernsehsystems sein. An einem Beispiel soll das näher erläutert werden.

Längs einer Zeile tastet der Abtaststrahl Schwarzweißstreifen ab, die jeweils eine Breite von 0,1 mm haben. Das dabei entstehende Signal weist bei der Abtastung des Weißstreifens ein Maximum und bei der Schwarzabtastung ein Minimum auf. Es durchläuft also eine Schwingungszeit mit der Periode 0,2 mm. Die angenommene Abtastrasterbreite je Zeile betrage 40 mm. Mit diesen Werten kann die Zeit t ermittelt werden, die der Abtaststrahl benötigt, um einen Schwarzweißstreifen abzutasten:

$$t = \frac{64\,\mu s \cdot 0{,}2\ \mathrm{mm}}{40\ \mathrm{mm}} = 0{,}32\,\mu s$$

In der Praxis trifft man die Vereinbarung, daß dieses eigentliche Rechtecksignal einer Sinusschwingung gleichgesetzt wird.

In dem oben angeführten Beispiel ergibt sich eine Frequenz von

$$f = \frac{1}{0{,}32 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}} = 3{,}12\ \mathrm{MHz}.$$

Die geforderte Detailübertragung hat somit einen großen Einfluß auf die zu übertragenden Bildfrequenzen. Hätten die Schwarzweißstreifen eine Breite von je 0,05 mm, so würde sich die zu übertragende Frequenz verdoppeln. Bei groberen zu übertragenden Schwarzweißstreifen verringert sich die Bildfrequenz. Je feiner die Bildeinzelheiten übertragen werden sollen, um so höher sind die Bildfrequenzen, und desto schärfer und genauer wird die Bildwiedergabe sein.

Gelingt es dem Amateur mit seinem Gerät eine obere Grenzfrequenz von 3 bis 5 MHz zu übertragen, so erhält er ein Bild, das in Schärfe und Güte allen gestellten Anforderungen genügt.

1.3. Aufbau des Fernsehsignals (BAS)

Das von der Kamera erzeugte Fernsehsignal muß die komplette Signalinformation, d. h. das von der lichtempfindlichen Halbleiterschicht der Bildaufnahmeröhre in elektrische Spannungswerte umgesetzte optische Bild, das Synchronisationssignal bestehend aus dem vertikalen und horizontalen Teil — sowie das horizontale und vertikale Austastsignal enthalten. Bild 1.4 zeigt ein solches Fernsehsignal. Mit dem Eintreffen des horizontalen Synchronisationsimpulses wird der eigentliche horizontale Ablenkvorgang des Elektronenstrahls beendet, und der Strahlrücklauf beginnt.
Anschließend beginnt eine neue Zeile. Die Austastimpulse sind so in das Fernsehsignal eingefügt, daß kurz vor Beginn des Strahlrücklaufs das eigentliche Bildsignal abgebrochen und der Elektronenstrahl dunkel getastet wird.
Durch diese Dunkeltastung kehrt der Ablenkstrahl vom Zeilenende an den Anfang der nächsten Zeile zurück, ohne dabei

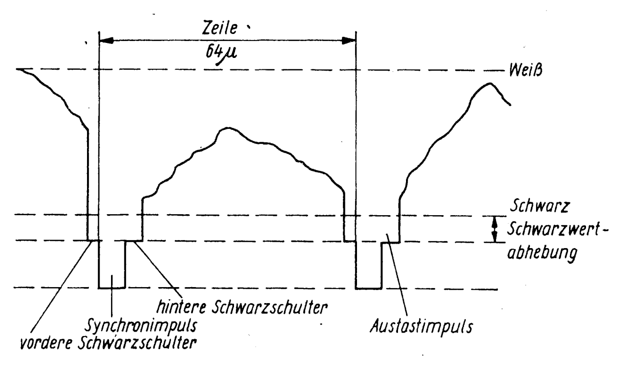


Bild 1.4 Aufbau des BAS-Signals

ein Bildsignal auszulösen. Der gleiche Vorgang wiederholt sich beim Bildwechsel, d. h., der vertikale Synchronisationsimpuls beendet den vertikalen Ablenkvorgang, und der vertikale Austastimpuls bewirkt die während der Zeit des Strahlrücklaufs notwendige Dunkelsteuerung. Der Aufbau des Fernsehsignals ist in Europa genormt, d. h., die europäischen Länder arbeiten mit einheitlich aufgebauten Fernsehsignalen. Auch das industrielle Fernsehen basiert auf der europäischen CCIR-Fernsehnorm. Dieser Fernsehnorm, bezogen auf die Belange des industriellen Fernsehens, sind folgende Frequenzen und Impulsbreiten zugeordnet [1]:

Anzahl der Zeilen des Systems	625
Horizontalfrequenz	15 625 Hz
Horizontaldauer	64 μs
Halbbildfrequenz	50 Hz
Halbbilddauer	20 000 μs
Bildfrequenz	25 Hz
Seitenverhältnis	4 × 3
Zwischenzeile	2 : 1
Vertikalaustastdauer	19 bis 31 Zeilen
Vertikalsynchronimpulsdauer	2,5 Zeilen
Horizontalaustastdauer	10,8 bis 12,4 μs
Horizontalsynchronimpulsdauer	5,1 bis 6,4 μs
Dauer der vorderen Schwarzschulter	0,6 bis 0,9 μs
Dauer der hinteren Schwarzschulter	4,5 μs

Die vordere und die hintere Schwarzschulter dienen zur Trennung der Synchronimpulse vom eigentlichen Bildsignal. Die vordere Schwarzschulter muß frei von jedem Bildsignal sein. Ein wirklich flimmerfreies und der Bildqualität des Fernsehfunks entsprechendes Bild läßt sich mit dem Zeilensprungverfahren realisieren. Dabei wird das Bild in 2 ineinandergeschachtelte Halbbilder aufgeteilt. Bild 1.5 zeigt das Fernsehraster. Das 1. Halbbild besteht aus den ungradzahligen Zeilen und das 2. Halbbild aus den ganzzahligen Zeilen. Für jedes Halbbild benötigt man $\frac{1}{50}$ s zur Abtastung, so daß beide Teil-

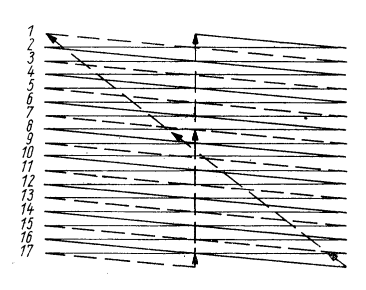


Bild 1.5
Beispiel der Zeilenabtastung beim Zeilensprungverfahren

bilder in $\frac{1}{25}$ s geschrieben werden. Bei einer Zeilenanzahl von 625 ergibt sich, daß jedes Teilbild aus 312,5 Zeilen besteht, d. h., als Anfang oder Ende enthält es eine halbe Zeile. Das in Bild 1.5 angegebene Beispiel besteht aus 17 Zeilen. Beim Zeilensprungverfahren wird dieses Bild in 2 Teilbilder mit je $8\frac{1}{2}$ Zeilen aufgeteilt. Das 1. Teilbild besteht aus den ungradzahligen Zeilen und beginnt bei der 1. Zeile, es endet unten Mitte der 17. Zeile. Der Abtaststrahl springt dann von unten senkrecht nach oben. Jetzt kann die Abtastung der gradzahligen Zeilen vollzogen werden, bis das Ende der 16. Zeile erreicht ist und der Abtaststrahl wieder an den Anfang der 1. Zeile zurückspringt. Die Vertikalfrequenz beträgt beim Zeilensprungverfahren 50 Hz für jedes Teilbild, so daß sich eine Gesamtbildwechselfrequenz von 25 Hz je Bild ergibt. Die Horizontalfrequenz bleibt gleich, d. h., sie beträgt 15 625 Hz (25 × 625 Zeilen). Beide — die Vertikalfrequenz und die Horizontalfrequenz — müssen beim Zeilensprungverfahren zueinander konstant sein, da sonst keine ordentliche Abtastung der Teilbilder erfolgen kann.

Aus diesem Grund werden Horizontal- und Vertikalfrequenz mit einem Generator erzeugt, d. h., sie sind miteinander verkoppelt und verhalten sich 312,5 : 1. Dieses ungerade Teilerverhältnis macht es unmöglich, als Ausgangsfrequenz die Horizontalfrequenz zu wählen, da aus dieser durch ganzzahlige Frequenzteilung nicht 50 Hz entstehen können. Man wählt

daher die doppelte Horizontalfrequenz, also 31 250 Hz, aus der durch 2 : 1-Frequenzteilung die horizontale Ablenkfrequenz von 15 625 Hz gewonnen wird. Durch Hintereinanderschaltung von z. B. 4 Frequenzteilern mit 5 : 1-Teilung erhält man ebenfalls aus der doppelten Horizontalfrequenz die vertikale Ablenkfrequenz von 50 Hz. Für den Amateur ist es vorteilhaft, sich beim Selbstbau einer Fernsehkamera an die für die Belange des industriellen Fernsehens modifizierten CCIR-Fernsehnorm zu halten. Je nach Aufwand und geforderter Bildqualität können dabei noch Vereinfachungen getroffen werden. So ist es z. B. bei einfachen Fernsehkameras ohne besondere Schwarzabhebung schwierig, die Schwarzschultern zu erzeugen. Das kann man aber dadurch umgehen, indem man diese Schwarzschultern auf mechanischem Wege herstellt, wobei sich allerdings die Qualität des Fernsehkamerabilds verringert [2]. Dazu fertigt man aus schwarzem Papier mit einer Rasierklinge eine Maske mit einem Ausschnitt von 9 mm × 12 mm an und klebt diese zentrisch auf die Frontplatte des Endikons. Sobald der Abtaststrahl an der Seite über den Maskenrand hinaus abgelenkt wird, ergibt sich der Signalwert „Schwarz". Die auf diese Weise entstehende vordere Schwarzschulter hat aber den Nachteil, daß sie wegen der endlichen Dicke des Glaskolbens vor der Fotohalbleiterschicht des Endikons keine scharfe Kontur aufweist.
Grundsätzlich sollte man sich überlegen, ob solche Vereinfachung sinnvoll ist.
Ein gutes Fernsehbild erfordert einen bestimmten schaltungstechnischen Aufwand für die Fernsehkamera. Ein Optimum an Bildqualität ist bei enger Anlehnung an die industrielle Fernsehnorm gegeben. Die Wahl, ob Zeilensprungverfahren oder nicht, sollte das eigentliche Kriterium bei der Planung für den Selbstbau einer Kamera darstellen. Abschließend sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, das komplette BAS-Signal positiv oder negativ zu übertragen. Wird es positiv übertragen (entsprechend Bild 1.4), so weisen die Weißanteile im Bild die maximale Amplitude auf, während die Synchronimpulse die geringste Amplitude haben. Bei negativem BAS-Signal ist es genau entgegengesetzt.

Ob man ein positives oder negatives Fernsehsignal benutzt, ist von geringer Bedeutung, nur innerhalb des gesamten Aufnahme- und Wiedergabesystems muß auf Einheitlichkeit geachtet werden.

1.4. Gradation, Helligkeit und Kontrast

Diese Begriffe sind für den Amateur wichtig, da sie die Lichtverhältnisse auf der Aufnahme- und Wiedergabeseite charakterisieren. Der Begriff *Gradation* ist aus der Filmbranche entlehnt und hat in der Fernsehtechnik die gleiche Bedeutung. Die Gradation gibt das Verhältnis der Helligkeitsabstufungen zu den einzelnen Bildelementen wieder. Zwischen Weiß und Schwarz liegen noch eine große Anzahl möglicher Grautöne. Das menschliche Auge hat eine Lichtempfindung, die nicht linear, sondern logarithmisch verläuft. Diese logarithmische Einteilung muß über das gesamte Fernsehsystem erhalten bleiben, wenn es nicht zu Verzerrungen kommen soll, die der Lichtempfindung des Auges widersprechen; d. h., alle Verzerrungen müssen innerhalb des Systems ausgeglichen werden. Die *Helligkeit* bezieht sich auf die Grundhelligkeit des abzubildenden Objekts. Trotz unterschiedlicher Beleuchtung der Szene, die weich oder hart sein kann, darf innerhalb des Systems keine Verfälschung auftreten. Eine weich ausgeleuchtete Szene muß auch im Empfänger als weich erscheinen. Dabei ist besonders der Videoverstärker zu beachten, da dieser bei Übersteuerung seiner Verstärkerstufen verfälschte Helligkeitsabstufungen liefern kann. Die Wahl des Objekts hat darauf einen Einfluß.
Kontrast ist der Lichtunterschied zwischen dunkelstem Schwarz und hellstem Weiß im Bild. Je nach Verstärkung des Bildsignals kann dieses Verhältnis klein oder groß sein.
Helligkeit und Kontrast lassen sich deshalb am Empfänger variieren, weil beide von vielen Menschen unterschiedlich empfunden werden. Beim Bau einer eigenen Fernsehanlage muß man unbedingt darauf achten, daß Verzerrungen in der gesamten Fernsehkette vermieden werden. Treten Unlinearitäten

auf, so sind diese zu eleminieren. Besonders der Videoverstärker ist dabei zu beachten, da hier, bedingt durch die geforderte hohe Verstärkung und die große Bandbreite, sehr häufig Verzerrungen entstehen. Die Behebung von Verzerrungen im Videoverstärker werden in Abschnitt 2.3. behandelt.

2. Baugruppen

2.1. Objektive und Beleuchtung

Das Objektiv muß auf der lichtempfindlichen Schicht des Endikons eine Fläche von 9,6 mm × 12,8 mm ausschreiben. Hieraus, und aus der Kenntnis der Objektivgröße läßt sich leicht die jeweils erforderliche Brennweite errechnen:

$$f = 9{,}6 \frac{a}{H} \quad \text{für die Objekthöhe,} \tag{2}$$

$$f = 12{,}8 \frac{a}{H} \quad \text{für die Objektbreite} \tag{3}$$

In Bild 2.1 sind die aufgeführten Größen angegeben. Dabei bedeuten: f — Brennweite in mm, a — Objektabstand, H — Objekthöhe, B — Objektbreite.
In Tabelle 1 sind für gebräuchliche Brennweiten der Quotient von Objektbreite zu Objektentfernung angegeben. Befindet sich das abzubildende Objekt in einer Entfernung a = 1 m, und hat es eine Breite von 25 cm, so kann aus Tabelle 1 die benötigte Brennweite f = 50 mm abgelesen werden. Dieser Wert läßt sich aber auch durch Gl. (3) auf rechnerischem Wege ermitteln:

$$f = 12{,}8 \cdot \frac{100}{25} = 51{,}2 \text{ mm}$$

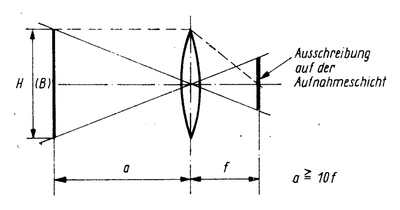


Bild 2.1 Verhältnis zwischen Bildweite und Brennweite eines Objektivs

Entsprechend diesem Beispiel kann also ein handelsübliches Objektiv verwendet werden (z. B. Praktica nova). Da die Bildweite (als Bildweite bezeichnet man den Abstand zwischen Objektiv und abgebildetem Bild) nur bei der Unendlicheinstellung des Objektivs mit der Brennweite übereinstimmt (s. Bild 2.1), liefern die Formeln nur dann genaue Ergebnisse, wenn der Objektabstand groß gegen die Brennweite ist.
Bei $a : f > 10$ liegt der Fehler unter 10 %.
Werden die Objektabstände so gering, daß man Zwischenringe einsetzen muß, dann ist dadurch die verlängerte Bildweite zu beachten, da sich sonst keine scharfe Abbildung ermöglichen läßt. Beachten muß man außerdem noch die Schärfeminderung bei Objektiven mit geringer Brennweite.
Wichtig für eine gute Bildqualität ist neben vielen anderen Komponenten auch die Wahl der richtigen Blendenöffnung. Auf Grund praktischer Versuche hat sich herausgestellt, daß bei nicht gerade extremen Beleuchtungsverhältnissen, wie Dämmerung oder mangelhaft beleuchteten Innenräumen, Blendenöffnungen von 1 : 2 bis 1 : 4 völlig ausreichen. Diese Forderung läßt sich mit handelsüblichen Objektiven jeder Zeit realisieren. Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Objektivangebot, das zur Zeit im Handel erhältlich ist.
Der Einsatz eines Objektivrevolvers — ähnlich dem Revolverkopf einer Drehbank — gestattet es, Ausschnittsvergrößerungen durchzuführen, wobei natürlich mindestens 2 Objektive mit verschiedenen Brennweiten vorhanden sein müssen. Der mechanische Aufbau ist dabei relativ kompliziert.
Eine gute Bildwiedergabe erfordert eine mittlere Beleuchtung von 10 bis 1000 lx (je nach Röhrentyp) auf die lichtempfindliche Schicht der Bildaufnahmeröhre. Die minimal notwendige Beleuchtung E_0 für ein gerade noch auswertbares Bild läßt sich nach folgender Beziehung ermitteln:

$$E_0 = \frac{2,5 \cdot f^2}{d \cdot e}; \qquad (4)$$

f — Brennweite in mm, d — Durchmesser in mm, e — Reflexionsfaktor, E_0 — minimal erforderliche Beleuchtung in lx.
Soll die minimal erforderliche Beleuchtung für ein gutes Bild

ermittelt werden, so genügt es, in Gl. (4) den Faktor 2,5 durch den neuen Faktor 20 zu ersetzen. Tabelle 3 gibt einige Werte für den Reflexionsfaktor e an.
Auch mit einem aus der Fotografie her bekannten Belichtungsmesser läßt sich überschläglich bestimmen, ob die Objektbeleuchtung für eine Fernsehaufnahme ausreicht. Das ist dann der Fall, wenn der Belichtungsmesser bei Einstellung auf einen NP 27-Film etwa $\frac{1}{60}$ s bei einer Blende von 1 : 2 anzeigt.
Die maximal auf der Bildaufnahmeschicht zulässige Beleuchtungsstärke beträgt bei bewegten Objekten etwa 1000 lx. Darüber hinausgehende Werte haben, je nach Intensität, mehr oder weniger starke bleibende Schäden der lichtempfindlichen Schicht der Aufnahmeröhre (z. B. Einbrennen des abgebildeten Objekts) zur Folge. So ist auch direkter Sonnenlichteinfall bei Blenden größer als 8 — also 5,6; 4; 2,8 ... — unbedingt zu vermeiden. Ebenso können Blitzgeräte oder Filmsonnen Einbrennflecke auf der Schicht erzeugen. Eine gute Anpassung an sich häufig verändernde Lichtverhältnisse ist mit Automatiken für elektrische Empfindlichkeit und Blendenverstellung am Objektiv möglich, wobei die einfachste Regulierung durch Blendenverstellung von Hand vorgenommen werden kann.

2.2. Bildaufnahmeröhren

Die Bildaufnahmeröhren haben die Aufgabe, das optisch abgebildete Bild in elektrische Signale umzuwandeln. Dazu wird je nach Röhrentyp der innere oder äußere Fotoeffekt ausgenutzt. Die Entwicklung von Bildaufnahmeröhren hat zu 2 Grundtypen geführt, die je nach Verwendungszweck gleichrangig nebeneinander angewendet werden.
Es handelt sich um das *Endikon* (*Vidikon*) und das *Superorthikon*. Für den Amateur kommt nur das Endikon (im angelsächsischen Sprachgebrauch auch Vidikon genannt) in Frage, da es relativ billig ist und kleine Abmessungen (etwa 160 mm Länge bei 30 mm Durchmesser) hat. Den schematischen Auf-

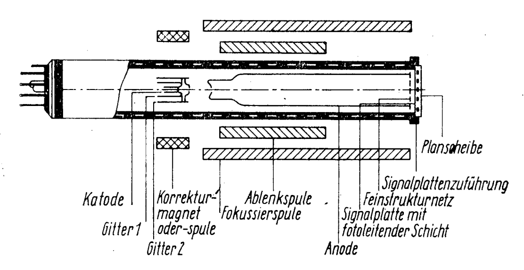


Bild 2.2 Schematischer Aufbau eines Endikons

bau eines Endikons zeigt Bild 2.2. In einem zylindrischen Glaskolben sind das Strahlerzeugungs- und das Speichersystem angeordnet. Das Speichersystem wird aus der Fotohalbleiterschicht und der Signalplatte gebildet, wobei die Fotohalbleiterschicht in Form kleiner Flächenelemente auf der Signalplatte, die aus einer durchsichtigen aber leitfähigen Zinnoxidschicht besteht, aufgedampft ist. Das Strahlerzeugungssystem, bestehend aus Katode, den Gittern 1 und 2 und der Anode, das sich am anderen Ende der Röhre befindet, erzeugt ein Elektronenstrahlbündel von einigen Mikrometern Durchmesser zum Abtasten der Fotohalbleiterschicht. Die Fokussierung und Ablenkung des Elektronenstrahls erfolgt mit Spulen, die um das Endikon herum angeordnet sind. Die Katode liegt auf Erdpotential, die Anode auf einem um 300 V erhöhten Potential. Die Abtastelektronen verlassen nun mit einer bestimmten Geschwindigkeit das Strahlsystem und fliegen durch ein feinmaschiges Netz (40 000 Maschen je cm^2), das auf Anodenpotential liegt. Dieses feinmaschige Netz dient zum Abbremsen der Strahlelektronen, da die Abtastung des Ladungsbildes mit langsamen Elektronen erfolgen soll. Hinter dem Netz hat sich die Geschwindigkeit der Elektronen soweit verringert, daß der Sekundäremissionsfaktor kleiner als 1 ist und damit keine Sekundärelektronen aus der Halbleiterschicht austreten können. Einen entscheidenden Einfluß darauf hat die Signalplattenvorspannung. Die Signalerzeugung kann in 3 Stufen untergliedert werden. In der 1. Stufe soll kein Licht auf die Bildaufnahmeröhre fallen. Der bei der Abtastung über die

einzelnen Flächenelemente der Fotohalbleiterschicht entlangwandernde Elektronenstrahl stellt auf diesen Flächenelementen ein einheitliches Grundpotential her, das näherungsweise dem Katodenpotential entspricht. Auf diesem Potential würde die Halbleiterschicht verharren, wenn sich nicht durch den endlichen Dunkelwiderstand des Fotohalbleiters eine geringe Ladungsänderung ergäbe.
In der 2. Stufe erfolgt die Belichtung der Bildpunkte. Zunächst soll ein einzelner belichteter Bildpunkt betrachtet werden. Wie aus Bild 2.3 ersichtlich, kann man sich einen Bildpunkt des Speichersystems als eine Parallelschaltung eines Kondensators C mit einem lichtabhängigen Widerstand R vorstellen. Bei Belichtung des Bildelements entlädt sich der Bildpunktkondensator C zwischen 2 aufeinanderfolgenden Abtastungen der einzelnen Bildpunktelemente mit der Zeitkonstante $T = R \cdot C$, wobei C konstant ist, während R von der jeweiligen Beleuchtungsstärke abhängt. Am Ende der abtastfreien Zeit $\left(\frac{1}{25}\,\mathrm{s}\right)$ stellt sich je nach Beleuchtungsstärke des einzelnen Bildpunkts ein $+\Delta V$ ein, das zwischen den beiden Gleichgewichtspotentialen, dem Katodenpotential (aufgeladener Kondensator) und der Signalplattenvor*spannung* U_p (ladungsfreier Kondensator) liegt.

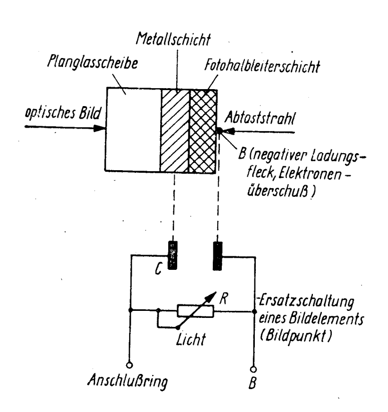


Bild 2.3
Bilderzeugung beim Endikon — Abtaststrahl auf der Fotohalbleiterschicht

Das Oberflächenpotential der Fotohalbleiterschicht ist nun mit dem Bildinhalt moduliert. In der 3. Stufe wird das von der Beleuchtungsstärke abhängige Bildpotential wieder auf das untere Gleichgewichtspotential (Katodenpotential) zurückgeführt, d. h., die Ladungsverluste der einzelnen Bildelemente werden durch den wiederkehrenden Abtaststrahl rückgängig gemacht. Dabei entsteht im Signalstromkreis ein entsprechender Stromimpuls: das Bildsignal. Der Betrag der Differenzladung gegenüber der Ladung ohne Belichtung ergibt das Nutzsignal, das an der Signalplatte abgenommen werden kann und zur weiteren Verarbeitung dem Videoverstärker zugeführt wird.
Auf einen Nachteil des Endikons sei noch hingewiesen. Das Endikon weist eine gewisse Trägheit auf, wodurch der sogenannte Nachzieheffekt entsteht. Bei sich sehr schnell ändernden Szenen vergeht immer eine kurze Zeit, bis das zuvor abgebildete Bild auf der Fotohalbleiterschicht abgeklungen ist. Jedoch hat diese Eigenschaft für den Amateur kaum Nachteile.
Wichtig für das Arbeiten mit einem Endikon sind noch folgende Hinweise: Die Größe der abgetasteten Fläche ist so einzustellen, daß das Format von 9,6 × 12,8 mm vollständig

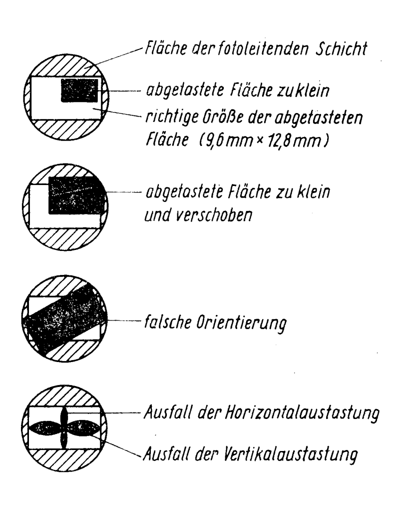


Bild 2.4
Beim Endikon muß die abgetastete Fläche 9,6 mm × 12,8 mm betragen

Bild 2.5
Abgetastete Fläche darf nicht verschoben sein

Bild 2.6
Ablenkeinheit des Endikons ist verdreht

Bild 2.7
Ausfall der Kippgeräte

ausgenutzt wird (Bild 2.4). Das Raster muß man symmetrisch zur Mitte einjustieren (Bild 2.5). Es ist zweckmäßig, das Endikon in der Spule stets so zu orientieren, daß die Horizontalabtastung parallel zu der Ebene verläuft, die durch die Röhrenachse und den kurzen Stift gelegt werden kann (Bild 2.6). Das Endikon darf man nicht ohne die normale Abtastung betreiben (Bild 2.7).
Die technischen Daten der Endikon-Typen *F 2,5 M 2*, *F 2,5 M 2*a und *F 2,5 M 3* sind in Tabelle 4 enthalten.

2.3. Videoverstärker

Die Video- und Breitbandverstärker verstärken das beim Abtasten eines Fernsehbilds entstehende Signal. Der Videoverstärker muß ein Frequenzband von 0 Hz bis etwa 5 MHz übertragen. Da aber Videoverstärker mit größerer Stufenzahl schwierig aufzubauen sind, überträgt man ein nach unten begrenztes Frequenzband (etwa 10 Hz müssen noch mit 70 % der Maximalverstärkung wiedergegeben werden) und führt zur Wiedergewinnung der mittleren Bildhelligkeit eine Schwarzsteuerschaltung ein. Breitbandverstärker lassen sich mit Röhren oder Transistoren aufbauen.
Da man die mit Röhren gewonnenen Erfahrungen beim Bau von Videoverstärkern nur bedingt auf Transistorgeräte anwenden kann, soll besonders die Transistortechnik behandelt werden.
In Röhrenvideoverstärkern wird die obere Frequenzbandgrenze durch die Schaltelemente, zu denen auch die inneren Röhren- und Schaltkapazitäten gehören, bestimmt. Dagegen wird bei transistorisierten Verstärkern das Verhalten im wesentlichen durch den Transistor selbst bestimmt. Seine Eigenschaften ändern sich stark mit der Frequenz, außerdem hängen sie vom Arbeitspunkt und von der Temperatur ab. Zur Vereinfachung ist es zweckmäßig, als erstes den Teil des Verstärkerzugs zu betrachten, der die Aufgabe hat, das Eingangssignal auf einen für die Aussteuerung der Endstufe notwendigen Wert zu bringen.
Bei diesem Teil des Verstärkers handelt es sich um eine Kette

von gleichen Verstärkerstufen, die in Emitterschaltung betrieben werden. Betrachtet man eine dieser Verstärkerstufen, so schließt sie die vorhergehende mit ihrem Eingangswiderstand ab und arbeitet auf einem ebenso großen Abschlußwiderstand. Die wichtigste Aufgabe ist es nun, die Verstärkung über den gesamten Frequenzbereich konstant zu halten. Das kann man durch Entzerrungsglieder erreichen. Durch Wahl eines niedrigen Kollektorwiderstands oder durch Stromgegenkopplung über einen in den Emitterkreis geschalteten Widerstand wird die Verstärkung bei tiefen und mittleren Frequenzen verringert und dafür Bandbreite gewonnen. Um den Frequenzgang am oberen Ende zu verbessern, kann man nachstehende Schaltungsmaßnahmen durchführen.
Bild 2.8 zeigt die frequenzabhängige Gegenkopplung durch Parallelschalten eines Kondensators zum Emitterwiderstand. Eine Frequenzverbesserung am oberen Bandende erreicht man auch, indem man den Kollektorscheinwiderstand durch eine mit dem Kollektorwiderstand in Reihe geschaltete Spule vergrößert.
Die untere Frequenz eines Breitbandverstärkers wird überwiegend durch die Größe der Koppelkondensatoren bestimmt. Wenn man bis zu sehr tiefen Frequenzen übertragen will, läßt sich eine Kompensationsschaltung anwenden, wie sie auch bei Röhren üblich ist. Bei Transistoren wird diese Schaltung noch eher notwendig, weil der relativ kleine Eingangswiderstand

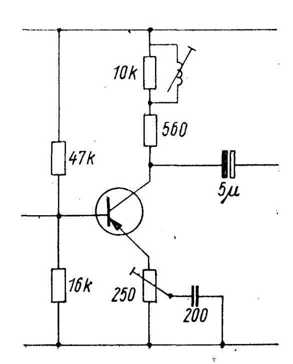


Bild 2.8
Prinzipschaltbild einer frequenzabhängigen Gegenkopplung beim Breitbandverstärker

einen größeren Kondensator als bei einer Röhrenschaltung erfordert.
Bild 2.9 zeigt eine Kompensationsschaltung für tiefe Frequenzen. Der Kollektorwiderstand der Stufe ist aufgeteilt und der Widerstand R2 mit einem Kondensator C1 überbrückt. Die Verstärkung steigt dann bei den tiefen Frequenzen an, so daß der durch den Koppelkondensator C2 bedingte Verstärkungsabfall kompensiert wird.
Für eine einwandfreie Bildübertragung ist eine exakte Wiedergabe des Schwarzwertes erforderlich, was sich aber mit den gebräuchlichen RC-gekoppelten Videoverstärkern nicht ermöglichen läßt. Auf Grund des Koppelkondensators können diese Verstärker keinen Gleichstromwert übertragen. Das zu verstärkende Signal pendelt um einen bestimmten Mittelwert. Da das Videosignal aber kein symmetrisches Signal ist, ergibt sich je nach Bildinhalt ein unterschiedliches Potential des Schwarzwertes. Bild 2.10 zeigt, wie sich das Bildsignal auf der Röhrenkennlinie verschiebt. Das bedeutet, daß die Helligkeit der Bildröhre im Rhythmus des Bildinhalts schwankt. Am Ausgang des Verstärkers muß die mittlere Bildhelligkeit wiedergewonnen werden. Schaltungen, die diese Aufgabe bewältigen, nennt man *Schwarzsteuerschaltungen.*
Trifft auf die Diode D (entsprechend Bild 2.11) ein Signal, so wird der Kondensator C_K auf die Spitzenspannung der unter der Mittelwertlinie liegenden Spannung (s. auch Bild 2.1) auf-

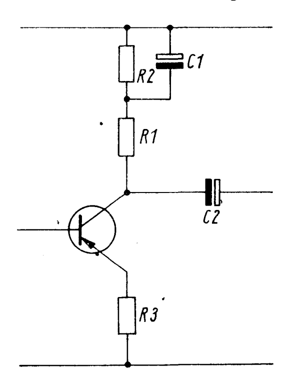


Bild 2.9
Kompensationsschaltung für tiefe Frequenzen beim Breitbandverstärker

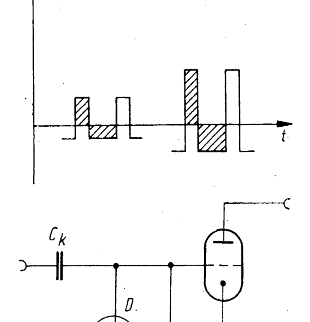


Bild 2.10
Darstellung des Bildinhalts auf der Bildröhrenkennline

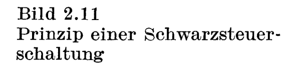


Bild 2.11
Prinzip einer Schwarzsteuerschaltung

geladen. Der Diodenwiderstand und die Größe des Kondensators C_K bestimmen die Aufladezeitkonstante. Die Entladezeitkonstante wird durch den Kondensator C_K und die Größe des Ableitwiderstands R_g festgelegt.
Jedesmal wenn ein Synchronimpuls erscheint, schaltet die Diode die Synchronimpulslücke in ihrer Spannung auf Erdpotential. Der Spannungsverlauf schwingt demnach nicht mehr um eine Mittelwertlinie, sondern baut sich auf dem Nullpotential auf. Damit ist die mittlere Bildhelligkeit wiedergewonnen.
Während der Zeilen- und Bildrücklaufzeiten muß man die Verstärkung auf den Wert 0 tasten. Diesen Vorgang nennt man *Verstärkeraustastung*. Das läßt sich erreichen, indem man z. B. der Basis eines Transistors des Verstärkers für die Zeit der Austastung entsprechend große negative Impulse (Austastimpulse) zuführt, die dann den Verstärker sperren.
Um ein fotografisches Bild zu beurteilen [3], sind folgende Bestimmungsgrößen erforderlich:

Transparenz $$T = \frac{\text{durchgehendes Licht}}{\text{auftreffendes Licht}},$$

Opazität $$\Omega = \frac{1}{T}. \qquad (6)$$

Den dekadischen Logarithmus der Opazität nennt man

$$\textit{Schwärzung} \qquad S = \lg \Omega = \lg \frac{1}{T}. \tag{7}$$

Die Schwärzung S ist also gleich 1, wenn $\frac{1}{10}$ des auftreffenden Lichts durchgelassen wird. Beleuchtet man eine Fläche A mit einer bestimmten Lichtstärke I, so entsteht auf dieser Fläche die Leuchtdichte B:

$$B = \frac{I}{A} \tag{8}$$

Trägt man in einem logarithmischen Koordinatensystem die Schwärzung S über die Belichtung auf, so entsteht eine Gerade durch den Ursprung. Den Anstieg nennt man γ.
Soll ein Videoverstärker Bilder naturgetreu übertragen, so muß er linear arbeiten. Dafür ist eine Gradation von $\gamma = 1$ erforderlich. Vidikonkameraröhren weisen z. B. eine Gradation von 0,4 bis 0,6 auf.
Eine Schaltung zur Gradationsentzerrung kann man z. B. mit spannungsabhängigen Widerständen aufbauen. Als spannungsabhängiger Widerstand eignet sich eine Germaniumdiode. Bei Reihenschaltung einer Diode mit einem ohmschen Widerstand (Bild 2.12) erhält man am Ausgang eine — je nach Größe von R — verzerrte Spannung, die dann eine Gradationsänderung am Verstärker bewirkt.

2.3.1. Videoverstärker mit Germaniumtransistoren

Im folgenden soll nun der Aufbau eines Videoverstärkers erläutert werden. Bild 2.13 zeigt die vollständige Schaltung des Videoverstärkers. Der Signalstrom vom Endikon (für Weiß 0,4 μA) erzeugt am Eingangswiderstand eine positive Spannung an der Basis des Transistors T1. Am Ausgang des Videoverstärkers steht dann eine Signalspannung mit einer Amplitude von + 1 V zur die Verfügung, über ein 75-Ω-Kabel auf den Monitor gegeben werden kann. Dieses Signal, zusammen

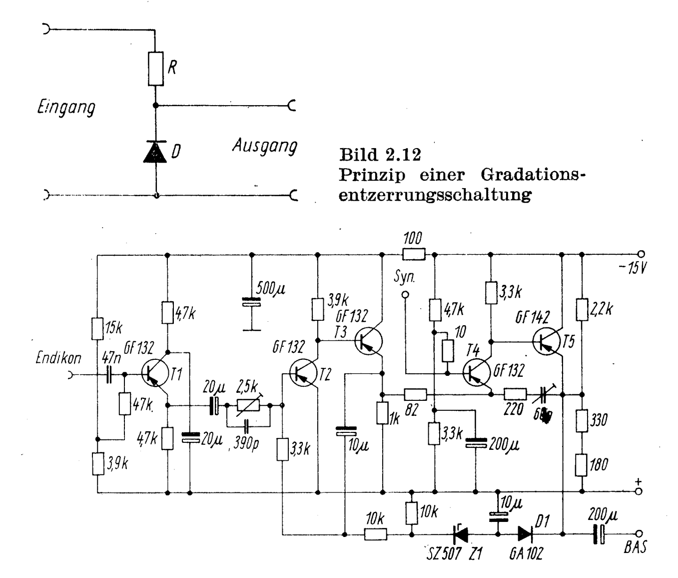


Bild 2.12
Prinzip einer Gradationsentzerrungsschaltung

Bild 2.13 Schaltzeichnung eines Videoverstärkers

mit den zugefügten Synchronisationsimpulsen, ergibt den Normpegel von $U_{SS} = 1{,}4$ V an 75 Ω.

Für die niedrigen Frequenzen des Videosignals besteht die Eingangsimpedanz der 1. Stufe aus einer Parallelschaltung des Eingangswiderstands von 47 kΩ mit dem reellen Anteil der Eingangsimpedanz des Transistors T1, der Gesamtwert ist etwa 25 kΩ.

Der Signalstrom von 0,4 μA ist ein brauchbarer Wert für die Aussteuerung eines Transistors hinsichtlich des mit Transistoren erreichbaren Signal/Rausch-Verhältnisses. Bei einem Eingangswiderstand von 25 kΩ ergibt sich eine Eingangsspannung von 10 mV.

Für niedrige Frequenzen muß der Verstärkungsfaktor daher 100 betragen, wenn am Ausgang eine Spannung von 1 V verfügbar sein soll. Auf Grund der Eingangskapazität, die zusammen mit der Schaltkapazität etwa 18 pF ausmacht, nimmt

die Eingangsspannung mit höherer Frequenz schnell ab. Um einen geraden Frequenzgang zu erhalten, muß dieser Abfall durch Höhenanhebung im Verstärker kompensiert werden. Signale mit einer Frequenz von beispielsweise 5 MHz sind deshalb mit dem Faktor 1400 anstatt mit 100 zu verstärken. Der Transistor T1 wird als Emitterfolger mit niedriger Ausgangsimpedanz betrieben. Die Eingangsspannung erscheint also ohne Verstärkung am Emitter von T1. Die Entzerrung des Frequenzganges erfolgt zwischen der 1. Stufe und der 2. Stufe durch Parallelschaltung eines Widerstands und einer Kapazität. Durch Einstellen des Widerstands wird die Zeitkonstante gleich dem Produkt von Eingangswiderstand und Eingangskapazität geändert.
Der Kollektor von T2 ist direkt mit der Basis von T3 verbunden; T3 arbeitet wieder als Emitterfolger. Vom Emitter dieses Transistors wird das Signal auf den Eingang von T2 gegengekoppelt. Auf diese Weise reduziert sich der dynamische Eingangswiderstand der 2. Stufe auf den Wert von etwa 33 Ω. Vom Emitter des Transistors T3 erhält man niederohmig das entzerrte Videosignal.
Vom Emitter des Transistors T3 wird das Videosignal über den 82-Ω-Widerstand auf den Emitter des in Basisschaltung arbeitenden Transistors T4 gekoppelt. Das Signal erhält hierbei eine 40fache Verstärkung. Zusammen mit der 2,5fachen Verstärkung bei niedrigen Frequenzen im vorhergehenden Teil ergibt sich der geforderte Verstärkungsfaktor 100. Der Transistor T5 als Impedanzwandler liefert das von T4 verstärkte Signal niederohmig an den Ausgang. An der Basis von T4 findet ferner eine additive Mischung mit den positiven Synchronisationsimpulsen statt. Diese erscheinen nach Umkehr in T4 mit der erforderlichen negativen Polarität am Ausgang. Durch Einschalten eines Trimmkondensators in Serie mit einem Widerstand werden die hohen Frequenzen am Ende des Videobands durch Rückführung auf den Emitter T4 etwas angehoben, um den Abfall an dem verhältnismäßig hohen Kollektorwiderstand (3,3 kΩ) in Verbindung mit der Eingangskapazität von T5 auszugleichen. Die Bandbreite des gesamten Videokanals beträgt 5 MHz.

Ein Regelsystem bewirkt die Schwarzsteuerung. Über die Diode D1 wird der 10-μF-Kondensator auf die Spannung aufgeladen, die durch die Synchronisationsimpulse am Emitter von T5 entsteht.
Nachdem diese um die von der Z-Diode Z1 gelieferte Referenzspannung vermindert wurde, wird die Differenzspannung dem Eingang der 2. Stufe (Basis von T2) zugeführt. Infolge der hohen Gleichstromverstärkung innerhalb dieses Gegenkopplungszweiges werden die Spitzen der Synchronisationsimpulse ohne Rücksicht auf den Bildinhalt auf dem Spannungspegel gehalten, der ungefähr der Referenzspannung der Z-Diode entspricht.
Für die Transistoren T1 bis T4 eignet sich der *GF 132*. Da die letzte Stufe als Leistungsstufe ausgeführt ist, wurde für T5 ein HF-Kleinleistungstransistor *GF 142* eingesetzt. Die Betriebsspannung beträgt 15 V, die einem stabilisierten Netzteil entnommen wird.

2.3.2. Videoverstärker mit Siliziumtransistoren

Als weiteres Beispiel eines Videoverstärkers folgt eine Schaltung (Bild 2.14), die mit 4 Siliziumtransistoren *SF 132* und 1 Germaniumtransistor *GT 313* aufgebaut ist.
Über einen Kondensator von 1μF wird der Basis des Transistors T1 das von der Kameraröhre abgegebene Bildsignal zugeführt. Für T1 setzt man einen ausgesuchten rauscharmen Transistor *GT 313* bzw. *GF 132* ein. T1 ist mit dem nachfolgenden Transistor T2 gleichstromgekoppelt. Diese beiden Transistoren werden untereinander gegengekoppelt, um die obere Grenzfrequenz zu verbessern. Die Emitter-RC-Kombination von T2 bewirkt gleichfalls eine Frequenzverbesserung. Das nun über 2 Transistorstufen verstärkte Bildsignal wird am Kollektor von T2 abgenommen und über einen Elektrolytkondensator von 10 μF an die Basis des Transistors T3 gelegt. Die Transistoren T3 und T4 sind wieder gegengekoppelt. Im Emitterkreis von T4 befinden sich mehrere RC-Glieder, die eine Korrektur des Frequenzganges bewirken. Zur Verstärker-

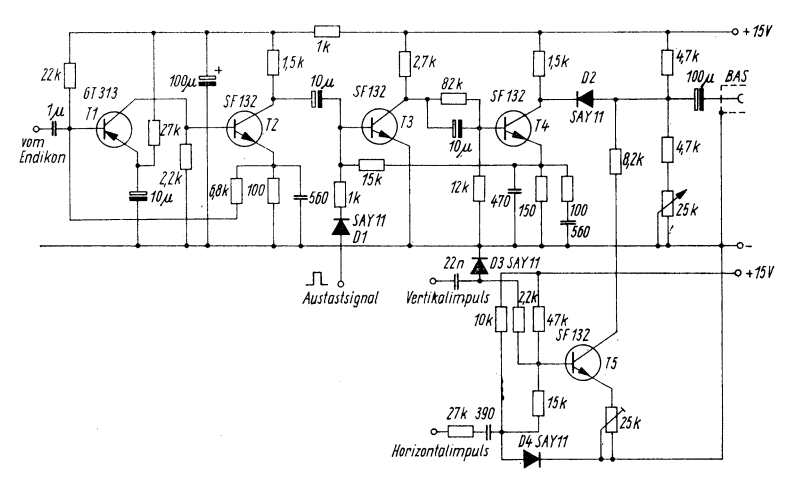


Bild 2.14 Schaltzeichnung eines Videoverstärkers mit Siliziumtransistoren für eine Kompaktkamera

austastung wird der Basis des Transistors T3 über eine Diode das Austastsignal zugeführt. Dadurch steht nun am Kollektor von T4 das BA-Signal zur Verfügung.

Um an der Ausgangsbuchse ein komplettes BAS-Signal zu erhalten, muß noch das Synchronisationssignal hinzugefügt werden. Das Synchronisationssignal, das sich aus den Horizontal- und Vertikalimpulsen zusammensetzt, wird in der Synchronimpulsmischstufe zusammengesetzt und in den Ausgang des Videoverstärkers eingespeist. Mit dem Einstellregler von 25 kΩ im Emitterzweig von T5 stellt man den Synchronpegel ein. Der Videoverstärker benötigt eine Betriebsspannung von 15 V.

2.4. Impulserzeugung

Für die Erzeugnung der Horizontal- und Vertikalimpulse ist eine Vielzahl von Schaltungen bekannt. Alle haben jedoch eine Rückkopplung, sei es eine induktive beim Sperrschwinger oder

eine Rückkopplung über RC-Glieder mit einer 2. Stufe bei den Kippschaltungen. Besonders bei der äußerst vielgestaltigen Gruppe der Kippschaltungen mit RC-Gliedern werden durch innere Rückkopplung völlig neue Impulse erzeugt, deren Form und Dauer nur von der Dimensionierung der Schaltung und nicht mehr vom Steuerimpuls abhängen. Der Steuerimpuls wird nur noch zum Auslösen des eigentlichen Kippvorgangs benutzt.

2.4.1. Multivibratoren

Nach ihrer Wirkungsweise kann man die Multivibratoren wie folgt einteilen:

- bistabile Multivibratoren,
- monostabile Multivibratoren,
- astabile Multivibratoren.

Bistabile und monostabile Multivibratoren benötigen Ansteuerimpulse. Sie werden in der Fernsehtechnik hauptsächlich zur Frequenzteilung (bistabile Multivibratoren) und zur Verzögerung von Impulsfolgen (monostabile Multivibratoren) verwendet. Der astabile Multivibrator dient zur Erzeugung von Rechteckschwingungen — er ist ein freischwingender Multivibrator, der sich aber auch synchronisieren läßt.

Bild 2.15 zeigt eine Kippschaltung, die 2 stabile Betriebszustände aufweist. Zur Erläuterung der Schaltung wird angenommen, daß Transistor T1 sperrt und Transistor T2 leitet. Das bedeutet, daß die Spannung zwischen Kollektor und Emitter an T2 bis auf eine Restspannung (z. B. 0,3 V) verschwindet. Die Spannung zwischen Kollektor und Nullpotential wird durch die Widerstände R_{L2} und R_E bestimmt. Ein Teil dieser Spannung, durch R_{K2} und R_{B1} geteilt, liegt an der Basis von T1 und hält diesen gesperrt, da sich sein Emitter auf dem Potential des Emitters von T2 befindet. Trifft nun auf die Basis von T2 ein positiver Steuerimpuls U_{st1} (Bild 2.16), so geht T2 in den Sperrzustand über, die Spannung am Kollektor von T2 wird negativer gegen 0; über C_{K2} und R_{K2} trifft der negative

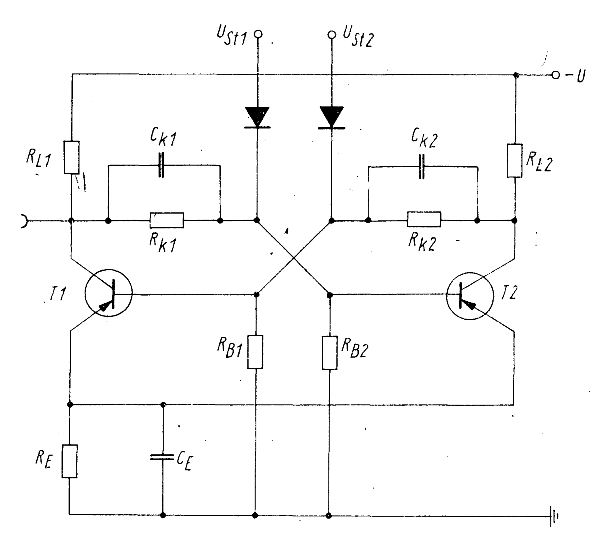


Bild 2.15 Prinzipschaltbild eines bistabilen Multivibrators

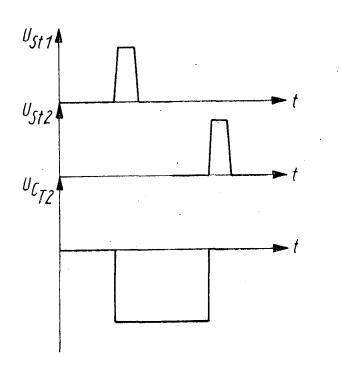


Bild 2.16
Zusammenhang zwischen Steuerimpuls I_{ST} und Ausgangsspannung bei einer bistabilen Kippschaltung

Spannungsstoß auf die Basis von T1 und öffnet ihn. Der entstehende Stromstoß gelangt über C_{K1} und R_{K1} als positiver Impuls auf die Basis von T2; er unterstützt somit den auslösenden Steuerimpuls und führt den Kippvorgang zu Ende. Die Anordnung ist wieder in einem stabilen Zustand, wobei T1

jetzt aber leitet und T2 sperrt. Soll die Schaltung wieder in die Ausgangslage zurückgeführt werden, so benötigt man einen weiteren positiven Steuerimpuls U_{st2}, der der Basis des leitenden Transistors T1 zugeleitet wird. Der nun einsetzende Kippvorgang verläuft analog dem ersten. Es besteht die Möglichkeit, entweder einen negativen oder einen positiven Ausgangsimpuls an der Schaltung abzugreifen, je nachdem, von welchem Kollektor man die Ausgangsspannung abgreift. Der Abstand der beiden Steuerimpulse bestimmt die Länge des Ausgangsimpulses. Bild 2.17 zeigt einen bistabilen Multivibrator, der für eine Frequenzteilung von 31 250 Hz auf 15 625 Hz geeignet ist. Die Ansteuerung erfolgt über 2 Dioden auf die beiden Basisanschlüsse der Transistoren, von denen jeweils einer leitet, während der andere sperrt.
Der monostabile Multivibrator zeichnet sich durch eine stabile Arbeitslage aus. Wird er angestoßen, so schwingt er einmal durch und geht in seine Ausgangslage zurück. Bild 2.18 zeigt einen monostabilen Multivibrator mit Emitterkopplung. Im Ruhezustand ist die Schaltung so dimensioniert, daß T2 leitet und T1 sperrt. Gelangt an den Eingang eine negative Triggerspannung, so leitet T1, und der dadurch am Kollektor von T1 auftretende Spannungssprung, der über C_{K2} auf die Basis von T2 übertragen wird, sperrt T2. Hat der Kollektorstrom von T1 einen kleineren Wert als der von T2, so bleibt T1 auch dann

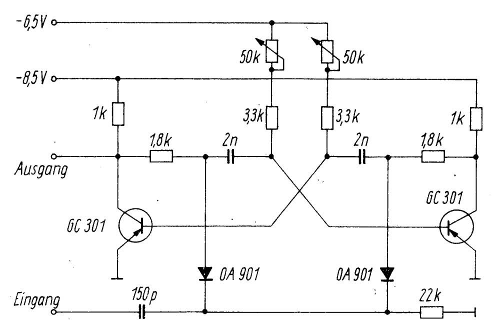


Bild 2.17 Praktische Ausführung einer bistabilen Kippschaltung — Frequenzteiler 31 250 Hz/15625 Hz

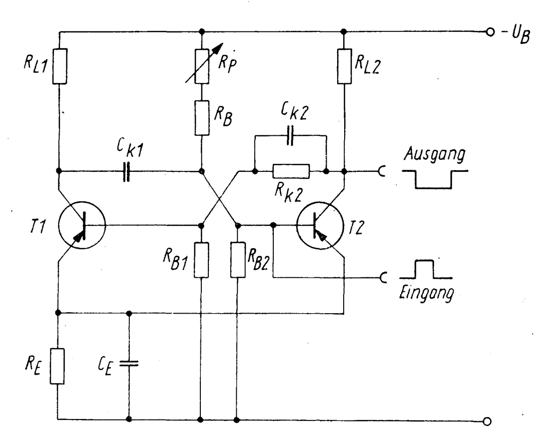


Bild 2.18 Monostabile Kippschaltung — Prinzip

leitend, wenn der Triggerimpuls am Eingang abgeklungen ist. Die Schaltung kehrt erst dann wieder in die Ausgangslage zurück, wenn sich C_{K1} so weit umgeladen hat, daß T2 dadurch nicht mehr gesperrt wird. Monostabile Multivibratoren verwendet man in der Fernsehtechnik sehr häufig in Impulszentralen, um die Ablenkimpulse entsprechend der CCIR-Norm gegeneinander zeitlich zu verzögern.

Bild 2.19 zeigt eine monostabile Kippschaltung, mit der die V-Impulse gegenüber der Austastung verzögert werden. Die Kopplung der beiden Transistoren erfolgt über den gemeinsamen Emitterwiderstand von 680 Ω und über den Koppelkondensator von 10 nF, der die Kippdauer grob bestimmt. Die Feineinstellung nimmt man mit dem 5-kΩ-Potentiometer vor. Die auf diese Weise erzeugten Impulse von etwa 160 μs Dauer können am Kollektor von T1 als negative Impulse abgenommen werden.

Der astabile Multivibrator hat keinen stabilen Betriebszustand, sondern pendelt frei zwischen 2 unstabilen Zuständen. Die Dauer dieses Hin- und Herpendelns (Schwingung) richtet sich nach der Dimensionierung, d.h. nach der sinnvollen Verknüpfung zwischen den einzelnen Bauelementen. Im Prinzip

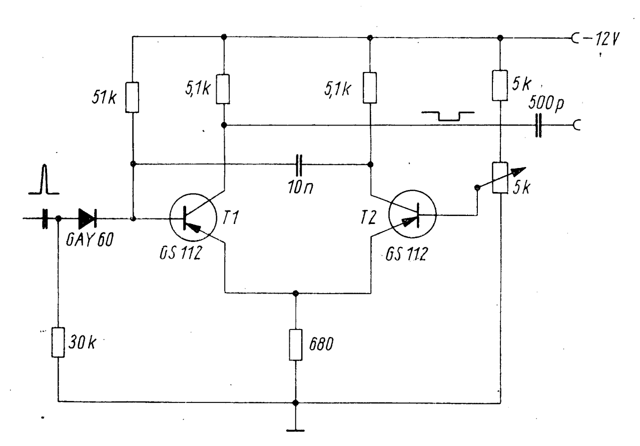


Bild 2.19 Monostabiler Multivibrator zur Impulsverzögerung

ist die astabile Kippschaltung symmetrisch aufgebaut. Da aber die verwendeten Bauelemente nicht alle gleich sind, entstehen gewisse Unsymmetrien. Diese Unsymmetrien werden beim Einschalten den Strom in einem Zweig schneller steigen lassen. Dadurch wird der Stromanstieg im Nachbarzweig gehemmt, was wiederum auf den ersten Kreis zurückwirkt, so daß die astabile Multivibratorschaltung zu schwingen beginnt. Eine externe Triggerung des astabilen Multivibrators ist möglich. Der Auslöseimpuls muß kurz vor dem natürlichen Kippzeitpunkt eintreffen. Je eher er eintrifft, desto größer muß seine Amplitude sein. Bei geeigneter Dimensionierung kann durch die Triggerung eine Frequenzuntersetzung erreicht werden. In der Fernsehtechnik benutzt man astabile Multivibratoren zur Erzeugung einer Impulsfrequenz, aus der man dann durch Teilung und Formung die einzelnen benötigten Impulse erhält. Dabei werden aus Gründen einer zeitlichen Konstanz überwiegend nur getriggerte astabile Multivibratoren verwendet. Eine günstige Lösung für den Amateur, der auf die Zwischenzeile nicht verzichten will, bietet der astabile Multivibrator, wenn man ihn als Muttergenerator für die Impulserzeugung einsetzt und ihn mit einer Netzvergleichsschaltung syn-

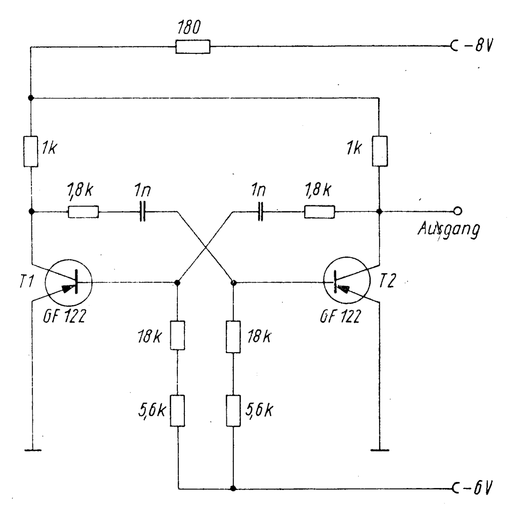


Bild 2.20 Astabiler Multivibrator — aufgebaut als Impulsgenerator für 31250 Hz

chronisiert. In der Netzvergleichsschaltung wird der im Muttergenerator erzeugte und anschließend durch mehrere Teilerstufen herabgeteilte Vertikalimpuls von 50 Hz mit der Netzfrequenz des Wechselstromnetzes verglichen, und eine dabei entstehende Gleichspannung steuert den astabilen Muttergenerator. Das Zusammenwirken der einzelnen Bausteine ist in Abschnitt 2.7. beschrieben.

Bild 2.20 zeigt einen astabilen Multivibrator als Muttergenerator. T1 und T2 sind HF-Transistoren. Der Einsatz dieser Transistoren ist für die Erzeugung steiler Flanken nötig. Die Frequenz beträgt 31 250 Hz.

2.4.2. Sperrschwinger

Es handelt sich um eine Schaltung, die mit gutem Wirkungsgrad Impulse hoher Leistung, kurzer Anstiegszeit, kleiner Impulsbreite und niedriger Impedanz erzeugt. Die Schaltung

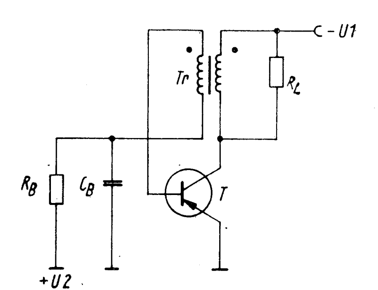


Bild 2.21
Prinzipschaltbild eines monostabilen Sperrschwinger-Oszillators

kann sowohl astabil (freilaufend) wie monostabil betrieben werden. Bild 2.21 zeigt einen monostabilen Sperrschwinger-Oszillator. Wird durch Einwirkung eines fremden Triggerimpulses die Basis des Transistors zum Zeitpunkt t1 leitend, so verringert sich die Kollektorspannung (U_c) um den in Bild 2.22 angegebenen Spannungswert (A). Durch die im Kollektorkreis vorhandene Induktivität L kann zum Zeitpunkt t2 noch kein Strom fließen, so daß die Größe des Stromflusses im Einschaltmoment nur von R1 abhängt. Mit fortschreitender Zeit kann sich der Strom in der Induktivität aufbauen. Über den Transformator wird der Stromanstieg im Kollektorkreis auf die Basis des Transistors als negative Basisspannung übertragen; dadurch bleibt der Transistor weiterhin in der Sättigung. Das stetige Ansteigen des Kollektorstroms bedingt jedoch eine Erhöhung der Kollektorspannung, die die Basis des Transistors weniger negativ macht. Dieser Vorgang schreitet fort, bis zum Zeitpunkt t2 (B) der Transistor aus der Sättigung

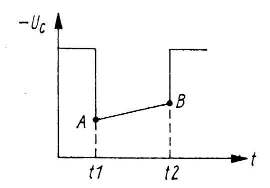


Bild 2.22
Spannungsverlauf am Kollektor eines Transistors in Sperrschwingerschaltung

in den gesperrten Zustand zurückkehrt. Die Impulsdauer ($t2 - t1 = t_p$) berechnet sich zu

$$t_p = \frac{(I_c - I_a)\,L}{U1}, \tag{8}$$

d. h., sie ist in erster Linie von der Speisespannung und der Induktivität abhängig. Durch Vormagnetisierung der Induktivität kann t_p variiert werden. Die Anstiegszeit wird durch die Streuinduktivität und die Wicklungskapazität bestimmt. Eine große Verstärkung verkürzt die Anstiegszeit.

Zum Impulsende hin klingt die Spannungsspitze mit der Zeitkonstante

$$\tau = \frac{L}{R_L} \tag{9}$$

aus.

Der Kondensator C_B wird mit jedem Triggerimpuls mit kleiner Zeitkonstante positiv aufgeladen, um sich nachher mit großer Zeitkonstante über R_B zu entladen. Beim monostabilen Sperrschwinger hat das keinen Einfluß auf die Impulsbreite, wenn C_B genügend groß gewählt wird. Bei einem kleinen C_B-Wert fällt jedoch die Basisspannung schneller ab, was eine Verkürzung des Impulses zur Folge hat. Da sich C_B sehr langsam entlädt, kann — bei geeigneter Dimensionierung — der 1. Triggerimpuls den Sperrschwinger nicht auslösen. Die Basis ist noch zu sehr vorgespannt. Erst der 2. oder 3. Triggerimpuls löst den Sperrschwinger aus, so daß sich mit einfachen Mitteln eine Frequenzteilung erreichen läßt. Eine wesentliche Bedeutung erhält C_B beim astabilen Sperrschwinger (+U2 wird durch—U1 ersetzt). Dabei arbeitet man ohne fremde Triggerspannung. Es wird jedesmal dann ein Impuls ausgelöst, wenn sich der Kondensator genügend entladen hat, d. h. die Kondensatorspannung nicht mehr in der Lage ist, den Transistor zu sperren.

Bild 2.23 zeigt einen monostabilen Sperrschwinger, der nur durch Änderung von U2 in einen astabilen umgewandelt werden kann.

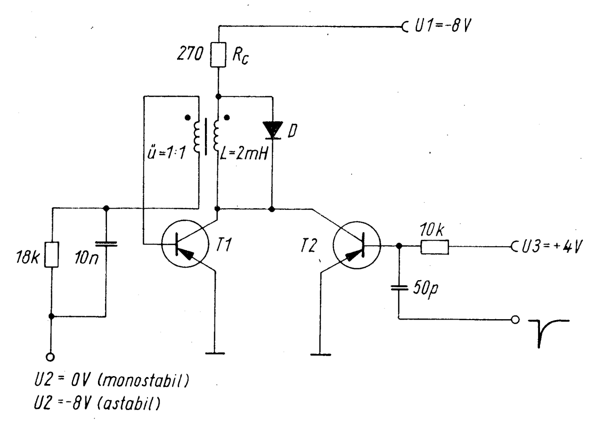


Bild 2.23 Monostabiler Sperrschwinger, der durch Änderung von U2 in einen astabilen umgewandelt werden kann

Bei U2 = 0 V arbeitet der Sperrschwinger monostabil und bis U2 = 8 V astabil. In der monostabilen Schaltung beträgt die Impulsdauer 9 ns. Eine negative Spannungserhöhung am Impulsende wird durch die Diode D1 verhindert. Die Anstiegszeit beträgt etwa 2 µs und die Abfallzeit knapp 1 µs. In der astabilen Schaltung beträgt die Impulsdauer etwa 20 µs und die Impulslücke ungefähr 50 µs, was einer Frequenz von etwa 15 625 kHz entspricht. Die Triggerung in der monostabilen Schaltung erfolgt über die Auslösestufe, die aus T2 und der RC-Kombination 10 kΩ/50 pF gebildet wird. Der Impuls wird am Kollektor von T1 abgenommen.

Bild 2.24 zeigt eine in der Fernsehtechnik gebräuchliche Sperrschwingerschaltung für die Erzeugung der Vertikalablenkfrequenz. Die Sperrschwingerfrequenz liegt etwas unterhalb von 50 Hz, sie wird aber mit der zugeführten Netzfrequenz (6,3 V) synchronisiert. Entscheidend für die Schwingungsdauer sind die Daten des Transformators Tr sowie die beiden 1-µF-Kondensatoren und der Gesamtwiderstand des Kreises. Entsprechend der CCIR-Norm beträgt die Schwingungsdauer 22 Zeilen. Der Transformator Tr besteht aus 2 Wicklungen (N1, N2), jeweils 1900 Wdg, 0,08-mm-CuL. Der Kern ist ein

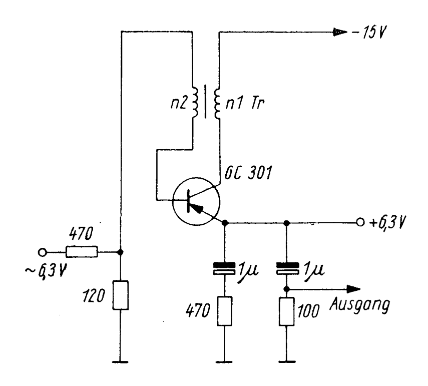


Bild 2.24
Sperrschwinger zur Erzeugung der Vertikalablenkfrequenz eines Fernsehempfängers

üblicher Blechkern mit einem Kernquerschnitt von 2,5 mm × 6,4 mm.
Mit einem Sperrschwinger läßt sich auch die Horizontalfrequenz erzeugen. In Abschnitt 2.7. wird eine komplette Impulszentrale beschrieben, bei der beide Ablenkfrequenzen durch Sperrschwinger erzeugt werden.

2.4.3. Quarzgeneratoren

Um den hohen Anforderungen in bezug auf Frequenzkonstanz gerecht zu werden, benutzt man in hochwertigen Fernsehstudioanlagen Quarzoszillatoren. Damit erreicht man eine bedeutend höhere Frequenzkonstanz als mit herkömmlichen Oszillatoren. Dabei ist aber auf eine konstante Umgebungstemperatur des Quarzes zu achten. Diese Quarzoszillatoren sind das Herz der Impulszentrale einer Sendeanlage; sie bilden den Muttergenerator. Aus seiner Grundfrequenz, oft 31 250 Hz, werden durch geeignete Schaltungsmaßnahmen (meist Teilerstufen) die benötigten Impulsfrequenzen gewonnen.
Quarze sind Kristalle, an denen elektrische Ladungen entstehen, wenn man den Kristall einer mechanischen Beanspruchung aussetzt. Diese Erscheinung nennt man *direkter Piezoeffekt.* Die bei elektrischer Anregung entstehenden mechani-

schen Schwingungen des piezoelektrischen Kristalls haben wiederum elektrische Rückwirkungen zur Folge, die es gestatten, den Kristall in der elektrischen Nachrichtentechnik als Resonanzglied (Schwingkreisfilter) mit sehr geringer Dämpfung einzusetzen.

Als piezoelektrische Kristalle werden unter anderem Turmalin, Seignettesalz, Bariumtitanat und vor allem Quarz verwendet. Der Quarz hat sehr günstige mechanische und thermische Eigenschaften sowie eine besonders geringe Eigendämpfung. Je nach Anwendungsgebiet der Schwingquarze unterscheidet man zwischen *Steuerquarzen* und *Filterquarzen.* Steuerquarze werden zum Stabilisieren der in einer Oszillatorschaltung erzeugten Frequenz verwendet.

Bild 2.25 zeigt einen Quarzoszillator mit Biegungsschwinger. Zum Erzeugen niedriger Frequenzen werden mit gutem Erfolg Biegungsschwinger eingesetzt. Biegungsschwinger gestatten besonders einfache Schaltungen, da zwischen der Eingangs- und Ausgangselektrode des Schwingers eine Phasendrehung von 180° auftritt. Man braucht deshalb keine zusätzlichen Schaltmittel zur Phasenumkehr vorzusehen, und ein Abstimmkreis ist ebenfalls nicht erforderlich. Die Schaltung ist für eine Frequenz um 30 kHz ausgelegt. Die Frequenz kann mit dem Trimmer von 50 pF nachträglich gezogen werden. Weitere Hinweise sind unter [4] zu finden.

Bild 2.26 zeigt einen Quarzoszillator in kapazitiver Dreipunktschaltung. Diese Schaltung ist für einen Frequenzbereich von

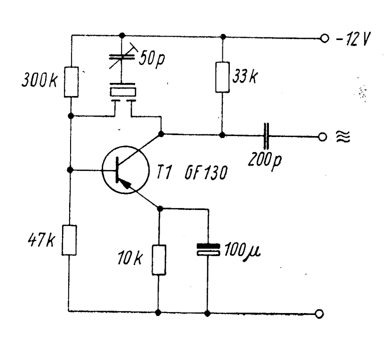


Bild 2.25
Quarzoszillator mit Biegungsschwinger zur Erzeugung von Frequenzen um 30 kHz

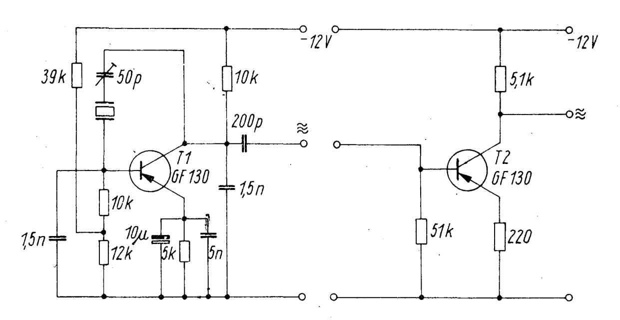


Bild 2.26 Quarzoszillator in kapazitiver Dreipunktschaltung — Frequenzbereich 30 kHz bis 30 MHz — mit nachgeschalteter Trennstufe

30 kHz bis 30 MHz geeignet; daher läßt sich mit dieser Schaltung die gewünschte Frequenz von 31 250 Hz gut erzeugen. Für die Schaltung werden Grundwellenquarze verwendet. Durch die nachgeschaltete Trennstufe mit dem Transistor T2 werden Rückwirkungen auf die Quarzoszillatorstufe vermieden. Auf eine große Verstärkung dieser Trennstufe kann man verzichten. Die Impulse werden am Kollektor des Transistors der Trennstufe abgenommen.

2.4.4. Impulserzeugung durch Begrenzung von Sinusschwingungen

Grundlage bei dieser Art der Impulserzeugung ist eine periodische Sinusschwingung, die die gleiche Frequenz hat wie die zu erzeugende Impulsfrequenz. Diese Sinusschwingung leitet man einer Verstärkereinheit zu. Dieser bestehende Verstärker wird durch eine entsprechend große Amplitude übersteuert, so daß nach mehrmaligem Übersteuern der Verstärkerstufen eine Rechteckschwingung zur Verfügung steht. Die Flankensteilheit dieser Impulsfolge ist von der Stromverstärkung der verwendeten Transistoren und von der Amplitude der Sinusschwingung abhängig. Bild 2.27 zeigt einen Impulsgenerator, der nach dieser Methode arbeitet. Mit ihm wird die Vertikal-

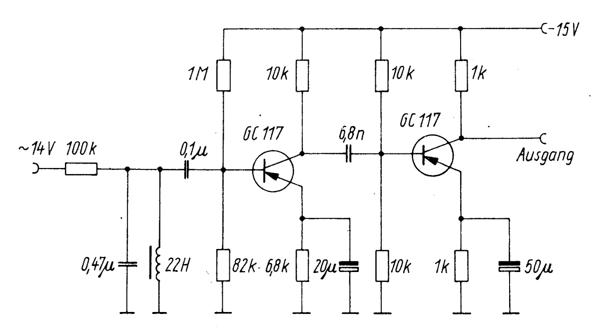


Bild 2.27 Erzeugung der Vertikalfrequenz für eine Fernsehkamera durch Begrenzung von Sinusschwingung

frequenz (50 Hz) für eine Amateurfernsehkamera erzeugt, die nicht nach dem Zwischenzeilenverfahren arbeitet. Da in diesem Fall keine Verkopplung von Horizontal- und Vertikalimpulsen nötig ist, verwendet man der Einfachheit halber die vom Wechselstromnetz kommende Netzspannung als zu verformende Sinusschwingung. Mit einem Transformator wird die Netzspannung auf 14 V transformiert und gelangt über einen Koppelkondensator an die Basis des 1. Transistors. Dort verformt sich die Sinusschwingung, bedingt durch entsprechende Arbeitspunkteinstellung, in eine Rechteckschwingung. Der am Kollektor des 1. Transistors entstehende Rechteckimpuls wird durch den Koppelkondensator und den Basisspannungsteiler der folgenden Transistorstufe differenziert. Am Ausgang ist somit ein negativer Rechteckimpuls von etwa 160 μs Dauer vorhanden. Die Impulsdauer kann mit dem Kondensator 6,8 nF, dem Basisspannungsteiler und der Arbeitspunkteinstellung des 2. Transistors variiert werden. Am Eingang der Schaltung befindet sich ein Parallelschwingkreis, dessen Grundfrequenz 50 Hz beträgt. Er dient zur Oberwellenfilterung der Eingangswechselspannung. Die Induktivität dieses Schwingkreises beträgt 22 H. Man kann dazu einen Transformator mit M 30-Kern verwenden. Die Windungszahl richtet sich nach der Luftspaltgröße, der Schichtung der Bleche und der Permeabilität des verwendeten Blechmaterials.

Diese Impulsformerschaltung erfordert einen geringen Aufwand und gestattet eine einfache Erzeugung der Vertikalfrequenz.

2.5. Impulsaufbereitung

Die mit Impulsgeneratoren erzeugten Impulsfolgen müssen für ihre weitere Verwendung noch geformt, gegenseitig verzögert und gemischt werden, ehe man das komplette BAS-Signal (aber ohne Bildamplitude) erhält.
Eine Formung der Impulsfolgen macht sich besonders dann erforderlich, wenn die Qualität der erzeugten Impulsfolgen für eine weitere Verwendung nicht ausreichend ist. Das trifft z. B. auf Impulsfolgen zu, die mit Sperrschwingern erzeugt wurden. Die gegenseitige Verzögerung ist erforderlich, um die exakte zeitliche Folge der Impulse zu gewährleisten.
Aus der Mischung der Horizontalimpulse mit den Vertikalimpulsen entstehen die geforderten Austast- und Synchronimpulse. An einem Beispiel soll diese Impulsaufbereitung beschrieben werden. Bild 2.28 zeigt die gesamte, dafür erforderliche Schaltung. Die Zahlen in den Kreisen an wichtigen Punkten der Schaltung geben Aufschluß über Impulsamplituden und Impulsdauer, wie sie in Bild 2.29 zusammengestellt sind.
An den Ausgängen einer Impulszentrale stehen folgende Impulsfolgen zur Verfügung: Die Horizontalfrequenz 15 625 Hz, die Vertikalfrequenz 50 Hz und eine Hilfsfrequenz von 6250 Hz.
Horizontal- und Vertikalfrequenz sind untereinander verkoppelt. Durch eine Impulsaufbereitung sollen die Impulsfolgen für die Ansteuerung der horizontalen und vertikalen Ablenkgeneratoren der Fernsehkamera, das Austastimpulsgemisch für das BAS-Signal und für das Endikon sowie das Synchronisationsimpulsgemisch erzeugt werden. Die letztgenannten 2 Impulsfolgen werden später im Videoverstärker dem eigentlichen Bildsignal zugemischt, so daß dann das komplette Fernsehsignal (BAS) vorhanden ist.
Die in der Impulszentrale erzeugte Horizontalfrequenz

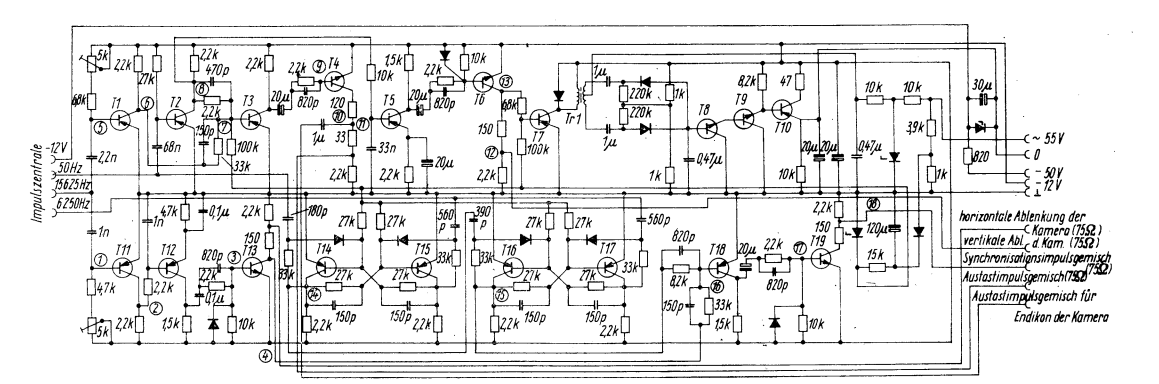
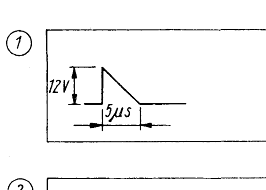
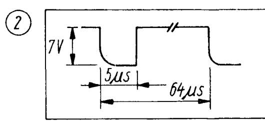
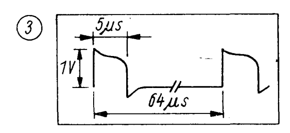
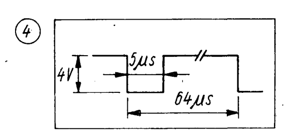


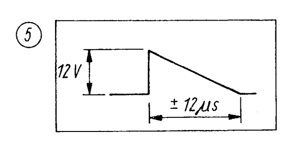
Bild 2.28 Die von einer Impulszentrale gelieferten Impulse werden in dieser Stufenfolge verzögert, geformt und gemischt. Die p-n-p Transistoren sind vom Typ *GS 112*, die n-p-n Transistoren vom Typ *SF 132*

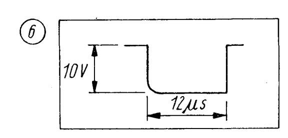

1
12V
5µs

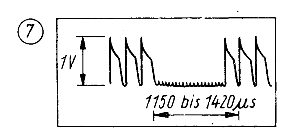

2
7V
5µs
64µs

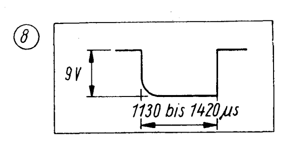

3
5µs
1V
64µs

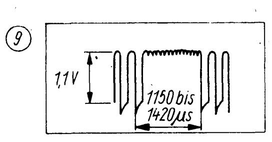

4
4V
5µs
64µs

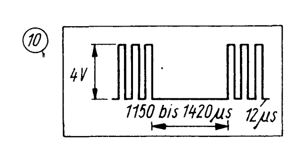

5
12 V
± 12µs

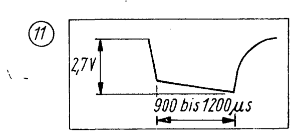

6
10 V
12µs

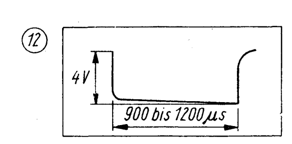

7
1V
1150 bis 1420µs

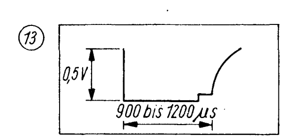

8
9 V
1130 bis 1420µs

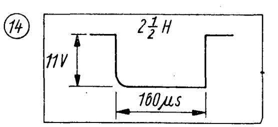

9
1,1 V
1150 bis
1420µs

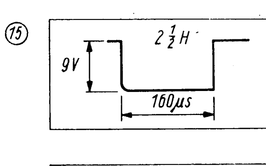

10
4V
1150 bis 1420µs
12µs

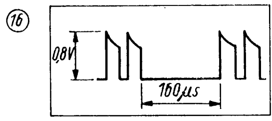

11
2,7V
900 bis 1200µs

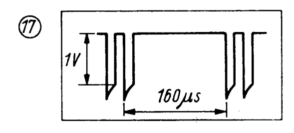

12
4V
900 bis 1200µs


13
0,5V
900 bis 1200µs


14
2½ H
11V
160µs







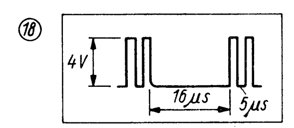


Bild 2. 29
Impulsbilder zu Bild 2.28

(15 625 Hz) gelangt über den Koppelkondensator 1 μF an die Basis des Transistors T11. Er arbeitet als Niveauschalter, d. h. sein Arbeitspunkt ist so eingestellt, daß er leitet. Kollektor- und Basispotential befinden sich fast auf dem Nullniveau. Beim Eintreffen des Horizontalimpulses (1) wird die Basis von T11 positiv und der Transistor geschlossen, so daß unter Berücksichtigung der Zeitkonstanten, die sich aus dem Koppelkondensator, dem 5-kΩ-Einstellregler und dem 4,7-kΩ-Widerstand ergibt, ein rechteckförmiges Signal (2) von 5 μs Dauer und einer Frequenz von 15 625 Hz entsteht. Mit dem Einstellregler kann die Impulsdauer variiert werden. Die nachfolgende Transistorstufe T12 arbeitet als Verzögerungsstufe. Der horizontale Synchronisationsimpuls wird hier gegenüber dem horizontalen Austastimpuls um etwa 0,9 μs verzögert; es entsteht die vordere Schwarzschulter. Trifft der horizontale Synchronisationsimpuls an der Basis von T12 ein, so lädt sich der Basiskondensator (1 μF) auf, und anschließend

steuert T12 durch. Ist der Eingangsimpuls abgeklungen, so sperrt T12 auch nach etwa 1 μs wieder. Über das RC-Netzwerk 820 pF/2,2 kΩ (Vermeidung von Überschwingungen) gelangt der horizontale Synchronisationsimpuls an die Basis von T13 (3). Hier erfolgt eine Signalverstärkung, so daß direkt am Kollektor das verzögerte horizontale Synchronisationssignal für die Mischung mit dem vertikalen Synchronisationsimpuls abgenommen werden kann. Über den Spannungsteiler 150 Ω/2,2 kΩ läßt sich das horizontale Synchronisationssignal für die Impulsendstufen abnehmen (4). Die in der Impulszentrale erzeugte Impulsfrequenz (15 625 Hz) wird über den Koppelkondensator 2,2 nF gleichzeitig auf die Basis von T1 (5) gegeben. T1 arbeitet wieder als Niveauschalter. Der am Kolektor von T1 entstehende horizontale Austastimpuls (6) hat eine Impulsdauer von 12 μs, die sich mit dem 5-kΩ-Einstellregler variieren läßt. Die Impulsfrequenz beträgt wieder 15 625 Hz. Dieser Impuls gelangt über das RC-Netzwerk 150 pF/33 kΩ an die Basis (7) von T3, der Austastmischstufe. Hier werden horizontaler und vertikaler Austastimpuls gemischt. Nach Formung des vertikalen Austastimpulses — Transistorstufe T2 (8) — wird dieser ebenfalls auf die Basis von T3 gegeben. Am Kollektor von T2 wird der vertikale Austastimpuls gleichzeitig über einen 18-kΩ-Widerstand ausgekoppelt und gelangt an die Basis von T5 (11). An der Basis von T4 (9) steht das komplette Austastimpulsgemisch zur Verfügung. Dieses Austastimpulsgemisch kann — verstärkt durch T4 — an dem unterteilten Kollektorwiderstand (10) einzeln für die Dunkelsteuerung des Endikons sowie für das eigentliche BAS-Signal abgenommen werden. In der Transistorstufe T5 wird das 50-Hz-Signal gegenüber den 50 Hz der Impulszentrale verzögert und steuert die vertikale Endstufe T6. In dieser Stufe erfolgt die Impulsverstärkung, so daß am Kollektor von T6 (12) der vertikale Ablenkimpuls abgenommen werden kann. Gleichzeitig gelangt das 50-Hz-Signal in die automatische Frequenzsteuerung (13). Dort wird das 50-Hz-Signal mit der Phase einer 50-Hz-Sägezahnspannung verglichen, die man einem Netzteil entnimmt. Liegt die Frequenz des 50-Hz-Signals aus der Transistorstufe T6 höher, so entsteht in der Phasenvergleichsschal-

tung eine positive Spannung, die verstärkt wird. Das bedeutet aber eine Abnahme der Speisespannung in der Impulszentrale und, damit verbunden, ein Absinken der Frequenz des Muttergenerators in der Zentrale. Das 6250-Hz-Signal der Impulszentrale wird in der vertikalen Verzögerungsstufe und im vertikalen Synchronisationsgenerator verwendet. Beide Stufen sind bistabile Multivibratoren. Die vertikale Verzögerungsstufe wird von den 50-Hz- und den 6250-Hz-Signalen getriggert. T15 ist geschlossen. Treten beide Signale gleichzeitig auf, so schaltet der bistabile Multivibrator um. Beim nächsten auftretenden 6250-Hz-Impuls wird er wieder in seine Ausgangslage zurückgestellt. Der vertikale Synchronisationsgenerator steht in der gleichen Arbeitsstellung wie der der vertikalen Verzögerungsstufe (Transistor T17 ist geschlossen). Dieser Synchronisationsgenerator schaltet aber erst um, wenn ein Impuls von der vertikalen Verzögerungsstufe empfangen wird. Das geschieht, wenn die Verzögerungsstufe wieder in ihre Ausgangslage zurückkehrt. Der Synchronisationsgenerator nimmt beim Eintreffen des nächsten 6250-Hz-Impulses wieder seine Ausgangslage ein. Durch diese Verkopplung ist das vertikale Synchronisationssignal um einen Impuls von 160 μs verzögert. In der nachfolgenden Synchronisationsmischstufe (T18) wird das verzögerte Signal mit dem horizontalen Synchronisationssignal, das vom Kollektor von T13 kommt, gemischt und über eine RC-Kombination an die Basis (17) von T19 gegeben. In dieser Stufe erfolgt eine Verstärkung. Am Kollektor von T19 (18) kann das Synchronisationsimpulsgemisch abgenommen werden.

Jetzt stehen alle benötigten Impulse für die Ablenkung des Elektronenstrahls im Endikon, für die Dunkelsteuerung des Endikons und für das komplette Fernsehsignal zur Verfügung. Die Mischung des Austast- und Synchronisationssignals mit dem Bildsignal wird im Videoverstärker vorgenommen.

Die beschriebene Anlage für die Impulsaufbereitung erfordert einen hohen schaltungstechnischen Aufwand. Sie zeichnet sich dafür aber durch eine hohe Güte, d. h. durch ein stabiles Fernsehbild aus.

2.6. Ablenkendstufen

Die Ablenkendstufen haben die Aufgabe, die für die Elektronenstrahlauslenkung notwendigen Ablenkspannungen zu erzeugen. Diese Ablenkspannungen haben einen sägezahnförmigen Verlauf. Ihre Größen richten sich je nach der verwendeten Ablenkeinheit.
In Tabelle 4 sind die technischen Daten einer Ablenkeinheit vom Typ *Fk 20* des VEB *Studiotechnik* Berlin angegeben.
Bild 2.30 zeigt eine einfache vertikale Ablenkendstufe. Werden an die Basis von T_1 negative Impulse von etwa 200 μs Dauer angelegt, so steuert T_1 durch und die beiden 2,5-μF-Kondensatoren entladen sich schnell. In der Zeit zwischen 2 Impulsen können sich diese beiden Kondensatoren wieder über den 20-kΩ-Einstellregler und den 56-kΩ-Widerstand aufladen. Durch diese Kondensatorauf- und -entladung entsteht an der Basis von T2 eine sägezahnförmige Spannung. Der Transistor T2 bewirkt die Steuerung des eigentlichen Endstufentransistors T3. Die vertikale Ablenkspule ist kapazitiv an den Kollektor angekoppelt. Die Größe der Ablenkspannung kann mit dem 20-kΩ-Einstellregler variiert werden. Eine gute Linearität ist durch die Rückkopplung vom Emitter T3 über den 4,7-kΩ-Widerstand gewährleistet.
Bild 2.31 zeigt eine weitere vertikale Ablenkendstufe. Diese Ablenkendstufe wird durch die vertikalen Synchronisationsimpulse gesteuert, die einer Impulszentrale entnommen werden.

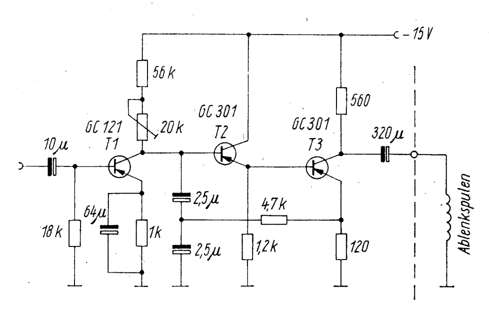


Bild 2.30 Vertikalablenkendstufe für eine einfache Kompakt-Kamera

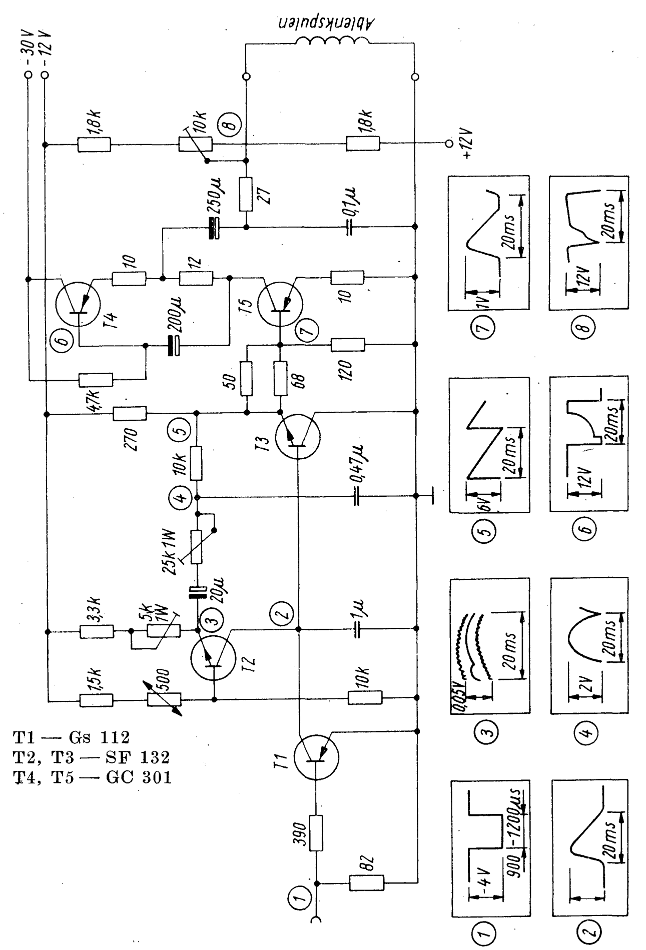


Bild 2.31 Vertikalablenkendstufe mit Impulsbildern

Die Impulsdauer dieser Synchronisationsimpulse bestimmt die Schließzeit des Transistors T1. Der Transistor T2, der sich in der Kollektorleistung des 1. Transistors befindet, ist als

Konstantstromquelle geschaltet und lädt den 1-μF-Kondensator auf. Dieser Kondensator wird entladen, sobald (nach 20 ms) der vertikale Synchronisationsimpuls T1 öffnet. Über einen Emitterfolger, bestehend aus T3, gelangt die entstehende lineare Sägezahnspannung an die Endstufe (T4, T5). Diese Endstufe ist eine Art Serien-Gegentaktschaltung. Der Transistor T4 wird von dem Spannungsabfall am 12-Ω-Widerstand gesteuert. Dieser 12-Ω-Widerstand ist in Serie mit dem Belastungswiderstand geschaltet und wirkt gleichzeitig als Arbeitswiderstand für den Transistor T5. Jeder der 2 Transistoren der Endstufe liefert die Hälfte des Belastungsstroms. Die in der Schaltung genannten Zahlen in den Kreisen geben Aufschluß über das an der jeweiligen Stelle auftretende Impulsoszillogramm.
Die vertikale Bildhöhe kann mit dem 5-kΩ-Einstellregler im Emitter von T2 verändert werden. Dadurch wird die Größe des Ladestroms des 1-μF-Kondensators variiert. Die Änderung der Linearität ist durch die Rückkopplung vom Emitter von T3 über das RC-Netzwerk (0,47 μF/10 kΩ) möglich. Mit dem 25-kΩ-Einstellregler läßt sich die Rückkopplung variieren. Der 10-kΩ-Einstellregler dient zur Bildverschiebung, d. h., mit ihm wird die Größe des Gleichstroms eingestellt, der durch die Ablenkspulen neben dem sägezahnförmigen Ablenkstrom fließt.
Eine einfache horizontale Ablenkendstufe ist in [5] angegeben. Bild 2.32 zeigt diese Schaltung. Die horizontalen Synchronisationsimpulse gelangen über einen 5-nF-Kondensator an die Basis des 1. Transistors, der als Formierstufe arbeitet. Außer-

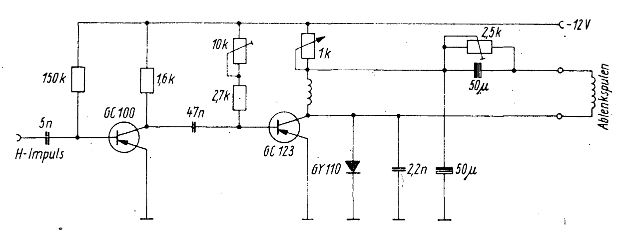


Bild 2.32 Horizontale Ablenkendstufe, geeignet für eine Kompakt-Kamera

dem steuert T1 den Endstufentransistor T2, der im Schalterbetrieb arbeitet und der mit der Diode *GY 110* für die eigentliche Zeilenablenkung verantwortlich ist. Die Amplitude der Ablenkspannung wird mit dem 1-kΩ-Potentiometer und die Linearität mit dem 2,5-kΩ-Einstellregler eingestellt. Der 10-kΩ-Einstellregler dient zur Arbeitspunkteinstellung des Endstufentransistors. Die Induktivität L im Kollektorkreis von T2 besteht aus einem Ferritschalenkern (18 mm Durchmesser, 14 mm hoch, A_L-Wert = 180 nH Wdg.$^{-1}$) mit 500 Wdg. (0,15-mm-CuL).

Bild 2.33 zeigt eine weitere Schaltung für die Erzeugung der horizontalen Ablenkspannung. Sie besteht aus einem Impulsgenerator (T1, T2) und der horizontalen Endstufe (T3). Der Impulsgenerator ist ein Multivibrator, der von den horizontalen Synchronisationsimpulsen gesteuert wird. Über den Transformator Tr, der das Signal auf 4 bis 6 V heruntertransformiert, steuert man den Endstufentransistor T3 an. T3 arbeitet als Schalter in einer Sparschaltung, d. h., während der einen Hälfte der Abtastzeit wird Energie an die Speisespannungsquelle zurückgeführt. Die Amplitude der Ablenkspannung läßt sich mit dem Potentiometer 10 Ω/3 W einstellen, d. h., die Betriebsspannung für die Endstufe wird variiert. Die Induktivität L besteht aus einem Ferritschalenkern (A_L-Wert = 2200 nH Wdg.$^{-1}$) und einer Wicklung (45 Wdg.

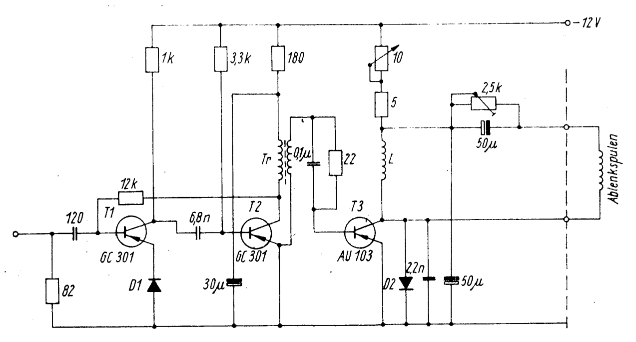


Bild 2.33 Horizontalablenkung für eine einstellbare Ablenkamplitude von $U_{SS} \approx 40$ bis 80 V, gemessen am Kollektor T3

0,3-mm-CuL). Der ohmsche Widerstand beträgt 0,7 Ω. Eine Linearitätsregelung kann mit dem 2,5-kΩ-Einstellregler vorgenommen werden.

2.7. Impulszentrale mit Ablenkendstufen

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten Impulszentralen und Ablenkendstufen einzeln erläutert wurden, soll nun eine komplette Impulszentrale mit den dazugehörenden Ablenkendstufen beschrieben werden [6]. Es handelt sich dabei um eine relativ einfache Anlage, bei der die Abtastung auf dem 625-Zeilensystem mit 50 Bildern je Sekunde beruht. Die Bildwechsel sind mit der Netzfrequenz synchronisiert, die Zeilenfrequenz läuft frei. Bild 2.34 zeigt die Schaltung. Der Transistor T1 bildet mit dem Transformator Tr1 einen Sperrschwinger. Mit der einem Netztransformator entnommenen 6,3 V Wechselspannung wird dieser Sperrschwinger synchronisiert.
Die Impulsdauer des Sperrschwingers beträgt 22 Zeilen, was der von der CCIR-Norm geforderten Austastdauer entspricht. Während der Impulsdauer wird der sich zwischen der Basis von T2 und dem Emitter von T1 befindende 1-μF-Kondensator aufgeladen und der am Kollektor von T2 liegende 5-μF-Kondensator über T2 entladen. Am Ende des Vertikalrücklaufimpulses sperrt T2 wieder. Während des nun folgenden Anstiegs liefert der Transistor T3 einen konstanten Strom, der den 5-μF-Kondensator am Kollektor von T3 — vom Massepotential her gesehen — negativ auflädt, so daß an ihm eine Sägezahnspannung entsteht. Die Amplitude der Sägezahnspannung, die den Strom durch die Ablenkspule L1 bestimmt, wird mit dem Widerstand 5 kΩ (Einstellregler) eingestellt. Die Sägezahnspannung steuert den Endstufentransistor T4 direkt an und ist durch den 100-Ω-Widerstand im Emitterkreis gegengekoppelt. Da diese Gegenkopplung hinsichtlich einer linearen Basisaussteuerung von T4 nicht ausreicht, muß zusätzlich noch eine Rückkopplung vom Emitter T4 über den 3,9-kΩ-Widerstand auf den Emitter T3 vorgesehen werden. Der Ablenksägezahnspannung ist eine Gleichspannung über-

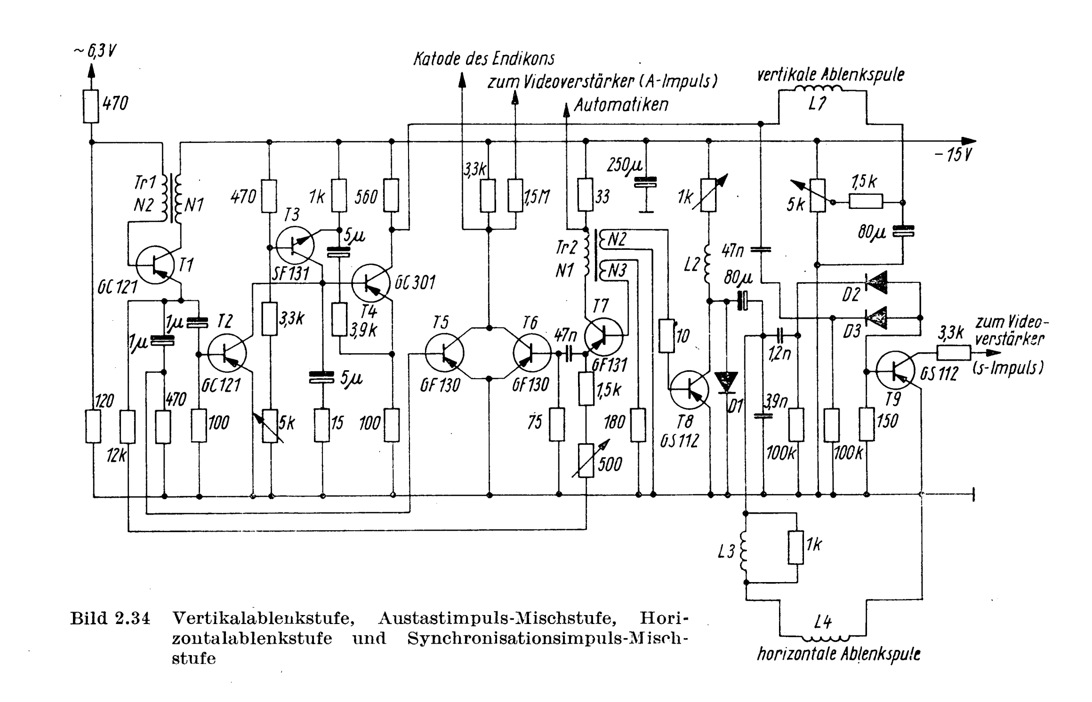


Bild 2.34 Vertikalablenkstufe, Austastimpuls-Mischstufe, Horizontalablenkstufe und Synchronisationsimpuls-Mischstufe

lagert, so daß sich das abgetastete Rechteck auf der Speicherplatte des Endikons in vertikaler Richtung verschieben läßt. Für die normale vertikale Auslenkung von 9,8 mm beträgt der Sägezahnstrom I_{SS} etwa 20 mA. Der Sägezahnspannung überlagern sich Spannungsspitzen, aus denen dann die Bildsynchronisationsimpulse abgeleitet werden.
Die horizontale Ablenkstufe arbeitet auch mit einem Sperrschwinger, dessen Frequenz mit dem 500-Ω-Einstellregler, der im Emitterzweig von T7 liegt, auf die Horizontalfrequenz eingestellt wird. Will man diese Stufe mit einer Vergleichsfrequenz synchronisieren, so kann die Vergleichsfrequenz über einen kleinen Kondensator der Basis von T7 zugeführt werden. Der Sperrschwinger ist dann etwas unterhalb der Horizontalfrequenz einzustellen. Die Dauer der Impulse entsprechen einer Zeilenaustastzeit von 18 Prozent der Horizontalperioden, d. h. 12 μs. Am Kollektorwiderstand von T7 können positive Impulse für eventuell anzuschließende Regeleinrichtungen (Automatiken) abgenommen werden. Eine Hilfswicklung des Transformators Tr2 steuert den Schalttransistor T8. Mit der Spule L3 werden Nichtlinearitäten des Sägezahnstroms kompensiert. Am Ende des Hinlaufs wird der Transistor T8 gesperrt, und der zur Ablenkspule parallelliegende Reihenschwingkreis, bestehend aus L3 und dem 3,9-μF-Kondensator, schwingt frei durch. Die Spannung im Kreis ändert sich sinusförmig, während der Strom durch die Ablenkstufe nach einer Cosinusfunktion verläuft. Nach einer Viertelschwingung erreicht die Spannung im Kreis ihren maximalen negativen Wert. Der Strom in der Spule ist in diesem Augenblick 0. Während der nun folgenden Viertelperiode steigt die Spannung wieder sinusförmig an, und der Strom erreicht nach einer Halbperiode seinen größten negativen Wert. Die Spannung ist dann so groß wie die Spannung am 80-μF-Kondensator, die während des Hinlaufs an der Spule liegt. Eine weitere Schwingung wird durch die Diode D1, die sich zwischen Kollektor und Emitter des T8 befindet, abgeschnitten. An der Ablenkspule liegt nun wieder eine konstante Gleichspannung. Dadurch steigt der Strom linear von 0 an. Während der 2. Halbperiode des Zeilenhinlaufs wird der Strom von der jetzt leitenden Emitterdiode

des Transistors T8 übernommen. Der Strom durch die Ablenkspule erhält wieder einen positiven Wert. Die Rücklaufzeit wird für die Dauer einer Halbperiode durch den 3,9-nF-Kondensator und die Induktivität der Ablenkspule auf 12 μs festgelegt. Mit dem Einstellregler 1 kΩ kann die Amplitude des Ablenkstroms, die etwa $I_{SS} = 200$ mA betragen soll, eingestellt werden. Die Drossel L2 sperrt die Zeilenfrequenz galvanisch vom Transistor T8. Der 1-kΩ-Widerstand parallel zum Linearitätsregler L3 dämpft eventuell auftretende Störschwingungen. Über den 1-μF-Kondensator, der in Reihe mit dem 470-Ω-Widerstand am Emitter von T1 liegt, werden die von dem vertikalen Sperrschwinger erzeugten Impulse der Austastmischstufe, d. h. der Basis von T5 zugeführt. Während der gesamten Bildaustastung leitet T5. Am Kollektor von T5 treten somit positive Bildaustastimpulse auf, deren Amplitude etwas geringer ist als die Speisespannung. T6 wird über einen Koppelkondensator vom Sperrschwinger der Horizontalablenkschaltung gesteuert. Da die Kollektoren von T5 und T6 galvanisch verbunden sind, gelangen beide Impulse an die Katode des Endikons, so daß das Endikon innerhalb der Hinlaufzeit auf einer negativen Spannung von 15 V und während der Rücklaufzeit auf Massepotential liegt. Die Austastimpulse werden auch mit abgeschwächter Amplitude auf den Videoverstärker gegeben. Die für den Gleichlauf zwischen Kamera und Monitor notwendigen Synchronisationsimpulse, die im Videosignal vorhanden sein müssen, haben eine kürzere Dauer als die Austastimpulse und sind etwas verzögert. Aus diesem Grund werden sie von den an den Ablenkspulen während des Rücklaufs auftretenden Spannungsspitzen abgeleitet. Über die Dioden D2, D3 werden die 1,2-μF- und 47-μF-Kondensatoren auf die Spannungsspitzen aufgeladen. Diese Ladestromspitzen, die nur dann auftreten, wenn die Spannungsspitzen ihren maximalen Wert erreichen, machen den Transistor T9 sowohl während des Zeilen- wie auch während des Bildrücklaufs leitend. Am Kollektor von T9 entstehen somit gemischte positive Impulse, die verzögert sind und eine entsprechende kürzere Dauer haben.

2.8. Automatische Videosignalregelung, Strahlstromregelung und Fokussierstromregelung

Bild 2.35 zeigt eine wirksame Videosignalregelung, die bei gegebener Objektivöffnung über einen Belichtungsspielraum von 1 : 3000 ein konstantes Ausgangssignal garantiert.
Das aus Bild- und Synchronisationssignalen zusammengesetzte Videosignal, bei dem die Spitzen der Synchronisationsimpulse bereits im Videoverstärker auf einen konstanten Pegel gebracht werden, gelangt auf die Basis des Transistors T1 (*SF 127*).
Dieser Transistor wird nur leitend, wenn die Amplitude des Videosignals in positiver Richtung eine Schwellenspannung übersteigt, die durch die Einstellung des Potentiometers von 500 Ω im Emitterweg von T1 festgelegt ist. Die durch den 200-μF-Kondensator geglättete Spannung am Kollektorwiderstand von T1 ruft einen Basisgleichstrom in T2 (*GC 301*) hervor. Dieser ist proportional der Spannung, auf die der Glättungskondensator aufgeladen wurde. Die von der Ablenkstufe kommenden positiv gerichteten Zeilenimpulse werden über einen Kondensator von 47 μF ebenfalls an die Basis von T2 geführt, der während des Impulses gesperrt wird. Zwischen den Impulsen fließt in T2 ein Kollektorstrom, der proportional dem Strom durch den Basiswiderstand ist. In der im Kollektorkreis befindlichen Primärwicklung des Transformators Tr

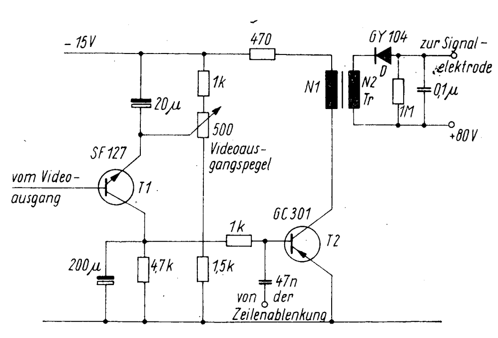


Bild 2.35 Videosignalregelung

wird eine sinusförmige Spannungsspitze erzeugt, während T2 sperrt. Die Amplitude dieser Spannungsspitze ist dem vorherigen Kollektorstrom proportional. Diese sinusförmige Spannungsspitze wird in der Sekundärwicklung des Transformators um den Faktor 3 herauftransformiert und durch die Diode D gleichgerichtet, so daß sich der 0,1-μF-Siebkondensator negativ auflädt. Die Spannung am Siebkondensator wird in Serie mit der Spannung von 80 V als Regelspannung der Signalelektrode des Endikons zugeführt.

Die Schwellenspannung stellt man mit dem 500-Ω-Potentiometer auf eine Videoausgangsspannung von $U_{SS} = 1{,}4$ V ein. Dieser Ausgangspegel wird immer aufrechterhalten, auch wenn die Beleuchtungsbedingungen der Szene sich ändern.

Da die Videosignalregelung den Signalstrom annähernd konstant hält — für weiß in der Video-Information wird stets die gleiche Strahlstromintensität benötigt —, kann eine automatische Strahlstromregelung zum Ausgleich von Strahlstromschwankungen angewendet werden. Strahlstromschwankungen rühren von Netzspannungsschwankungen und Alterungserscheinungen der Aufnahmeröhre her. Das Prinzip dieses Regelkreises entspricht dem der automatischen Videosignalregelung.

Um den Fokussierstrom gegen Schwankungen des Fokussierspulenwiderstands zu stabilisieren, die durch Temperaturänderungen verursacht werden, wird die Fokussierspule mit einem Siliziumtransistor entsprechender Belastbarkeit in Serie geschaltet. Bild 2.36 zeigt den Schaltungsverlauf. Die Basis des Transistors liegt an einer durch eine Z-Diode konstant gehaltenen Spannung. Mit dem Einstellregler im Emitterkreis kann der Fokussierstrom eingestellt werden.

Eine interessante Schaltung zur Stabilisierung des Fokussierstroms wird in der Kompaktkamera *TFK 500* des VEB *Studiotechnik* angewendet [7]. Der Fokussierstrom und gleichzeitig auch der Heizstrom für die Bildaufnahmeröhre werden durch eine Regelschaltung, die den Spannungsabfall mit einer eingestellten Sollspannung vergleicht, konstant gehalten.

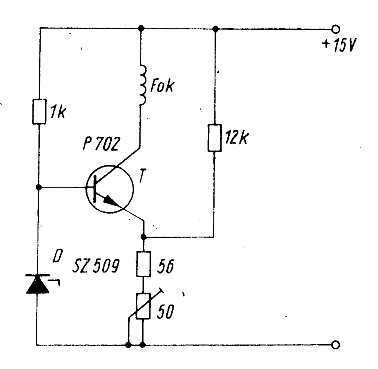


Bild 2.36
Fokussierstromstabilisierung

2.9. Endikonschaltung

Zum Betrieb der Aufnahmeröhre schreibt der Hersteller bestimmte Spannungswerte vor, die über entsprechende Spannungsteiler dem Stromversorgungsteil entnommen werden. Gleichzeitig muß man die einzelnen Elektroden des Endikons, abgesehen vom Gitter 1, wechselspannungsmäßig auf Massepotential legen.

Die Beschaltung des Endikons geht aus Bild 2.37 hervor. Die Katode des Endikons liegt auf Massepotential. Zur Regelung des Strahlstroms ist eine Spannung zwischen −100 V und 20 V erforderlich, die an einem regelbaren Spannungsteiler abgegriffen und über 2 Siebwiderstände von 100 kΩ und 470 kΩ dem Gitter 1 des Endikons zugeführt wird. Über einen Kondensator von 0,47 μF erhält das Gitter 1 gleichzeitig die zur Dunkeltastung des Elektronenstrahls erforderlichen negativen Bild- und Zeilenaustastimpulse. Das Gitter 2 liegt an einem festen Potential von etwa 300 V. Dem Gitter 3 wird über einen weiteren Spannungsteiler eine regelbare Spannung zwischen 200 V und 300 V zugeführt. Mit dieser Spannung kann eine statische Fokussierung des Elektronenstrahls vorgenommen werden.

Zum Betrieb der Signalplatte (Bild 2.38) muß diese eine Spannung zwischen 20 V und 100 V erhalten. Diese Signalplatten-

Bild 2.37 Beschaltung des Endikons

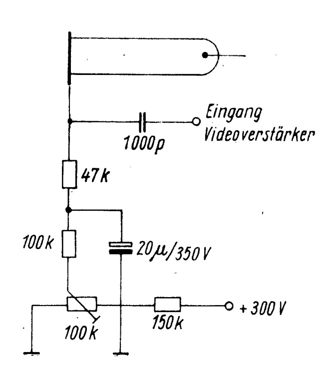


Bild 2.38
Betrieb der Signalplatte des Endikons, die zugeführte Gleichspannung muß sehr gut gesiebt sein

spannung bestimmt die Höhe des Bildsignals und damit den Bildkontrast.
Von der Signalplatte wird das Bildsignal über einen Kondensator von 100 pF mit ausreichender Spannungsfestigkeit dem Videoverstärkereingang zugeführt. Der 47-kΩ-Widerstand im Spannungsteiler ist der Arbeitswiderstand der Signalplatte, er bestimmt nicht nur die Größe des Signalpegels, sondern hat auch starken Einfluß auf den Frequenzgang.

3. Signalübertragung

Die Übertragung des von der Kamera kommenden Bildsignals zum Bildwiedergabegerät kann videofrequent oder trägerfrequent erfolgen. Bei der letzten Übertragungsart muß noch zwischen drahtgebundener und drahtloser Übertragung unterschieden werden.

3.1. Videofrequente Übertragung

Diese Übertragungsart bietet die beste Bildqualität. Da das Bildsignal ohne Umsetzung über einen HF-Modulator zum Monitor gelangt, kann auf dem Übertragungsweg die volle Bandbreite, die für die Bildauflösung erforderlich ist, eingehalten werden. Dies ist bei der Verwendung von Trägerfrequenzen nicht möglich, da die Übertragungsbandbreite durch die normierte Kanalbandbreite (z. B. CCIR-Norm) bestimmt wird. Die Videosignale werden heute fast ausschließlich über Koaxialkabel übertragen. Es gibt nun eine Vielzahl unterschiedlicher Kabeltypen. Der Hersteller gibt in Datenbüchern eine Anzahl Kabeldaten an, aus denen sich dann die maximal zulässigen Kabellängen für die Übertragung von Bildsignalen errechnen lassen. Wichtig ist dabei die Dämpfungskonstante, die in Neper bzw. Dezibel für die entsprechenden Frequenzen genannt wird.
Für die Berechnung der maximalen zulässigen Kabellänge bei der videofrequenten Übertragung hat man festgelegt, daß der Dämpfungsunterschied zwischen der Übertragungsfrequenz 100 kHz und der oberen zu übertragenden Frequenz 5 MHz bei 625 Zeilen 3 dB (1 dB = 0,1151 Np) betragen darf. Bei größeren Längen müßte man sonst mit erheblich schlechterer Bildqualität rechnen, da die höheren Frequenzen verfälscht werden. Der Übertragungsbereich für ein Videosignal muß bei 0 Hz, also bei Gleichstrom beginnen, da verlangt wird,

daß die mittlere Bildhelligkeit ohne Verfälschung über den Übertragungsweg gelangt. Mit folgender Formel läßt sich die maximale Kabellänge berechnen:

$$L_{max} = \frac{3000}{D_{fo} - D_{fu}}; \qquad (10)$$

L_{max} — maximal zulässige Kabellänge in m, D_{fu} — Dämpfung bei 100 kHz in dB, D_{fo} — Dämpfung bei der oberen Grenzfrequenz in dB.

3.2. Hochfrequente Übertragung

Bei der hochfrequenten Übertragung von Bildsignalen unterscheidet man die drahtgebundene und die drahtlose Übertragung. Die drahtgebundene hochfrequente Übertragung hat den Vorteil gegenüber der videofrequenten, daß mehrere Signale gleichzeitig auf einem Kabel übertragen werden können. Hinzu kommt, daß man bei Verwendung eines HF-Modulators ein handelsübliches Fernsehgerät zur Bildwiedergabe benutzen kann. Dabei ist es dann noch zusätzlich möglich, bei Verwendung eines Tonmodulators Bild und Ton mit einem Kabel auf das Bildwiedergabegerät zu übertragen.
Die drahtlose, hochfrequente Übertragung ist nur den Amateurfunkstationen vorbehalten. Vorteile dieser Übertragungsart sind der Wegfall sämtlicher Kabelverbindungen zwischen Sender und Empfänger sowie die Möglichkeit zur Überbrükkung von weitaus größeren Entfernungen.

3.2.1. HF-Modulator

Um ein Kamerabild über ein Koaxialkabel auf einen üblichen Heimfernsehempfänger übertragen zu können, ist ein HF-Generator mit HF-Modulator erforderlich.
Der HF-Generator, der mit dem Transistor *GT 322* aufgebaut ist (Bild 3.1), arbeitet in Basisschaltung. Er erzeugt eine Trägerfrequenz, die im Fernsehbereich (Band I) liegt. Es

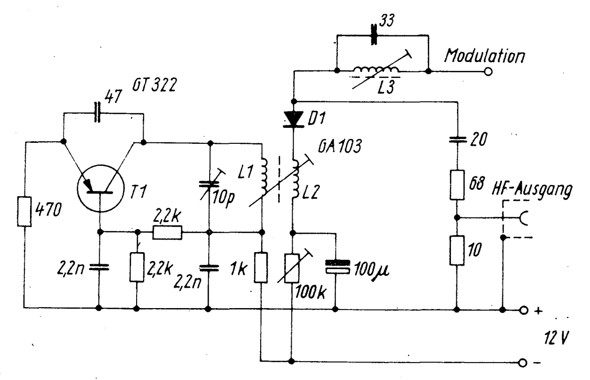


Bild 3.1 HF-Trägeroszillator für die Fernsehkanäle 2, 3, 4

lassen sich mit dem Trimmer von 10 pF die Fernsehkanäle 2, 3 und 4 einstellen. Die Modulation erfolgt durch die Diode D1 (Germaniumdiode *GA 103*). Die durch die Spule L2 ausgekoppelte HF-Spannung liegt an der Katode der Diode D1, während zur Anode über das HF-Sperrfilter (L3 und 33-pF-Kondensator) das BAS-Signal gelangt. Das modulierte Signal wird an der Diodenanode abgenommen und über einen Kondensator von 20 pF dem ohmschen Spannungsteiler von 68/10 Ω zugeführt. An der Koaxialbuchse steht dann die HF-Spannung zur Verfügung. Die Verbindung zum Fernsehempfänger stellt man mit einem 75-Ω-Koaxialkabel her.

4. Bildwiedergabegerät

Zur Bildwiedergabe eines Fernsehkamerabilds kann man je nach gewähltem Übertragungsweg (videofrequent, hochfrequent — drahtgebunden oder drahtlos) einen Monitor oder ein übliches Heimfernsehgerät benutzen. Ein Fernsehmonitor hat die Aufgabe, ein mit einer elektronischen Kamera aufgenommenes Bild im Kurzschlußverfahren, also über ein 75-Ω-Koaxialkabel, mit optimaler Qualität wiederzugeben.
Der beschriebene Monitor hat eine Bandbreite von etwa 5 MHz. Dadurch ist gewährleistet, daß die Qualität der Kamera voll ausgenutzt wird. Mit amateurmäßigen Kameras sind Bandbreiten von 4 bis 5 MHz bereits als zufriedenstellend anzusehen.
Als Bildröhre läßt sich die speziell für Bildwiedergabegeräte entwickelte Röhre *B 16 G 1* einsetzen. Wird ein größeres Bild gewünscht, so kann man die *A 28 — 13 W* benutzen. Ein Monitor mit einer Bildröhre mit 47-cm-Schirmdiagonale wurde im Funkamateur [8] beschrieben. Für den mit Röhren aufgebauten Monitor wurden in einigen Stufen Bauteile aus Industriefernsehempfängern verwendet. Eine weitere Monitorbeschreibung findet der Leser unter [9].

4.1. Monitor (Sichtgerät)

Der im folgenden beschriebene volltransistorisierte Monitor eignet sich für alle Kameravarianten mit videofrequentem Ausgang (BAS). Bild 4.1 zeigt den Übersichtsschaltplan des Monitors. Er besteht aus dem Videoverstärker mit Schwarzwerthaltung und Amplitudensieb, der Vertikalablenkung mit Stromgegenkopplung, der Horizontalablenkung mit Phasenvergleich und einem elektronisch stabilisierten Netzteil. Die Bildröhre *B 16 G 1* bzw. *A 28 — 13 W* erhält ihre Betriebsspannungen aus der Horizontalendstufe. Dem Gitter 1 der

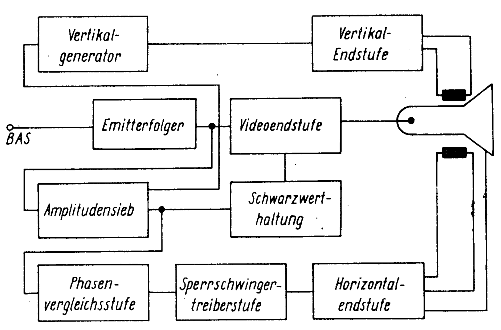


Bild 4.1 Prinzipschaltbild eines Monitors

Bildröhre werden die Austastimpulse aus der Vertikal- und Horizontalendstufe zugeführt. Das positive Videosignal soll eine Amplitude von $U_{BA} = 1$ V und das BAS-Signal dementsprechend eine von $U_{BAS} = 1{,}4$ V aufweisen. Da der Videoverstärker mit einer Kamera RC-gekoppelt ist, hat der Videoverstärker des Monitors eine Schwarzwerthaltung, die das Schwarzniveau des Bildes nach jeder Zeile wieder herstellt.

Die Betriebsspannung für die einzelnen Stufen beträgt 15 V. Nur die Videoendstufe erhält eine höhere Spannung von etwa 100 V.

Am Ausgang einer Fernsehkamera steht das BAS-Signal mit einer Amplitude von $U_{SS} = 1{,}4$ V zur Verfügung. Das Signal muß nun im Videoverstärker des Monitors auf einen Wert gebracht werden, den die benutzte Bildwiedergaberöhre zur Durchsteuerung erfordert. Die 16-cm-Bildwiedergaberöhre *B 16 G 1* benötigt etwa $U_{SS} = 35$ V, die 28-cm-Röhre *A 28 — 13 W* etwa $U_{SS} = 58$ V.

Benutzt man die 28-cm-Bildröhre, dann muß die Videoendstufe einen Spannungsverstärkungsfaktor von etwa 50 haben. Der Verstärkungsfaktor kann durch den Emitterwiderstand eingestellt werden. Diese Werte lassen sich mit dem Siliziumtransistor *SF 150* realisieren. Die Betriebsspannung der Videoendstufe beträgt etwa +100 V.

Die Amplitude des Videosignals wird am Eingang über ein 100-Ω-Potentiometer eingestellt. Daran schließt sich ein

Emitterfolger mit T1 *GF 130* an, der einmal zur Anpassung an das Kabel dient und weiterhin Rückwirkungen der Schwarzwertschaltung in das Kabel verhindern soll.
Bild 4.2 zeigt den Stromlaufplan der Videoendstufe mit vorgeschaltetem Emitterfolger sowie die Schwarzwertschaltung und das Amplitudensieb.
Da die Gleichstromkomponente des von der Kamera abgegebenen Signals nicht unmittelbar, sondern durch Bezugsimpulse mit übertragen wird, ist es erforderlich, im Videoverstärker ein vom Bildinhalt unabhängiges Schwarzpotential zu erzeugen. Dazu werden nach jeder Zeile mit einer Schwarzsteuerschaltung die Bezugsimpulse auf ein festes Spannungsniveau gebracht. Diese Aufgabe erfüllt der Transistor T4 (*GF 122*) in der Schaltung nach Bild 4.2, der während der Zeilensynchronisationsimpulse leitend ist und auf diese Weise die Bezugsimpulse des Videosignals während des Zeilenrücklaufs an das voreingestellte Kollektorpotential legt.
Die von der Kamera erzeugten und an den Monitor gelieferten Synchronisationssignale müssen im Monitor in einem Ampli-

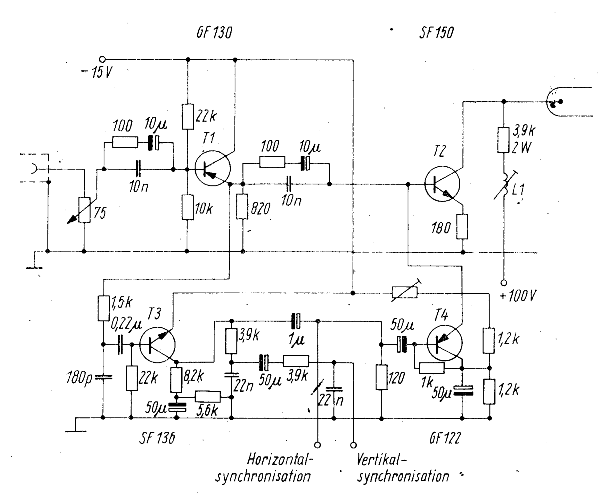


Bild 4.2 Videoverstärker mit Schwarzwerthaltung und Amplitudensieb

tudensieb vom Bildsignalgemisch getrennt werden, damit zur Synchronisation der Horizontal- und Vertikalkippstufen einwandfreie Horizontal- bzw. Vertikalimpulse zur Verfügung stehen.
Das BAS-Signal wird am Emitter des Emitterfolgers T1 im Videoverstärker abgenommen. Über eine RC-Kombination sowie dem Koppelkondensator von 0,22 μF gelangt das Signal auf die Basis des Transistors T3 (*SF 136*). Am Kollektor werden die Horizontalimpulse ausgekoppelt und über einen Kondensator von 1 μF der Phasenvergleichsstufe sowie der Schwarzsteuerstufe zugeführt. Die Vertikalimpulse siebt ein RC-Netzwerk aus; sie gelangen an den Transistor des Vertikaloszillators.
Die Horizontalablenkung setzt sich aus folgenden Stufen zusammen: Phasenvergleich, Oszillator, Treiberstufe und Horizontalendstufe mit Zeilentransformator. Bild 4.3 zeigt die gesamte Horizontalablenkschaltung.
Die Frequenz des Sperrschwingers wird mit der in einem Phasendetektor erzeugten Regelspannung gesteuert. Der Phasendetektor mit dem Transistor T1 (GC 301) vergleicht die negativen Synchronisationsimpulse mit den aus der Endstufe rückgeführten differenzierten Rücklaufimpulsen. Die Differenzierung der negativen Halbwelle erfolgt durch den Emitterwiderstand von T1 (270 Ω) und den Kondensator von 10 μF. Abhängig von der Phasenlage der Synchronisationsimpulse gegenüber der differenzierten Rücklaufimpulse, werden die Kondensatoren von 2 μF und 100 μF im Kollektorweg von T1 mehr oder weniger entladen.
Die Schaltimpulse für die Horizontalablenkung werden in einem Sperrschwinger erzeugt. Der Sperrschwinger arbeitet mit dem Transistor T2 (Germaniumtransistor *GC 301*) in Transformatorkopplung. Das RC-Glied im Basiskreis des Sperrschwingers und die Regelspannung aus der Phasenvergleichsstufe (T1) bestimmen gemeinsam die Horizontalfrequenz und die Sperrzeit des Oszillators. Da das Tastverhältnis eines konventionell dimensionierten Sperrschwingers innerhalb der hier erforderlichen Grenzen kaum zu verwirklichen ist, liegt ein Schwingkreis in der Basisleitung des Tran-

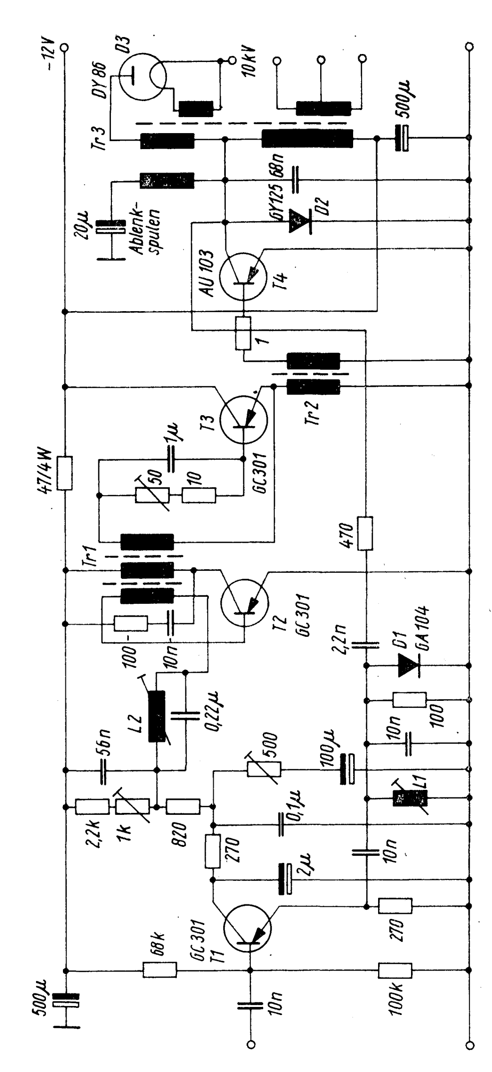


Bild 4.3 Horizontalablenkschaltung für einen Monitor

sistors. Der Basisstrom und damit die Leitzeit des Transistors T2 werden nun von der Schwingungsdauer des LC-Kreises bestimmt. Die am Kollektor auftretenden Selbstinduktionsspitzen beim Sperren des Transistors begrenzt ein RC-Glied.

Um die Abschaltverluste des Endstufentransistors kleinzuhalten, muß dieser schnell gesperrt werden. Das wird beim Transistor *AU 103* durch einen großen Basisstromimpuls erreicht. Die Basisstromimpulse werden von einer mit dem Transistor *GC 301* bestückten Treiberstufe bezogen, in deren Emitterleitung die Primärwicklung des Treibertransformators Tr2 liegt.

Der Treibertransistor T3 arbeitet ebenfalls als Schalter. Er ist leitend, wenn der Endstufentransistor sperrt. Im gesperrten Zustand des Treibertransistors entlädt sich die in der Primärwicklung des Treibertransformators gespeicherte magnetische Energie über die Sekundärwicklung in den Basiskreis des Endstufentransistors, so daß dieser leitet.

In Bild 4.4 wird die Prinzipschaltung einer Horizontalendstufe dargestellt. Parallel zum Endstufentransistor liegen der Zeilentransformator Tr3 sowie die Stromrückgewinnungsdiode D. Der Kondensator C1 bestimmt die Rücklauffrequenz.

Bild 4.5 zeigt die komplette Vertikalablenkung. Der Vertikaloszillator ist als Multivibrator mit den Siliziumtransistoren T1 und T2 (*SF 122*) aufgebaut. Die Vertikalfrequenzregelung erfolgt mit einem veränderlichen Widerstand von 10 kΩ im

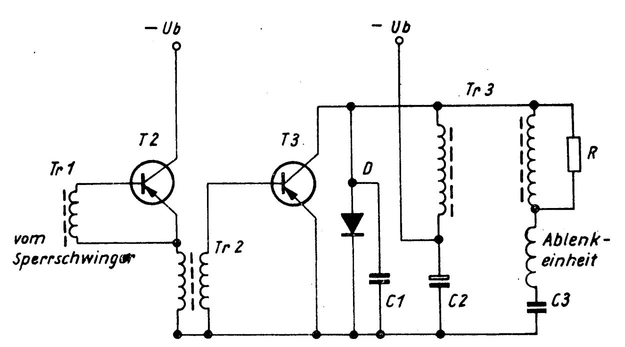


Bild 4.4 Prinzipielle Funktion einer Horizontalablenkschaltung

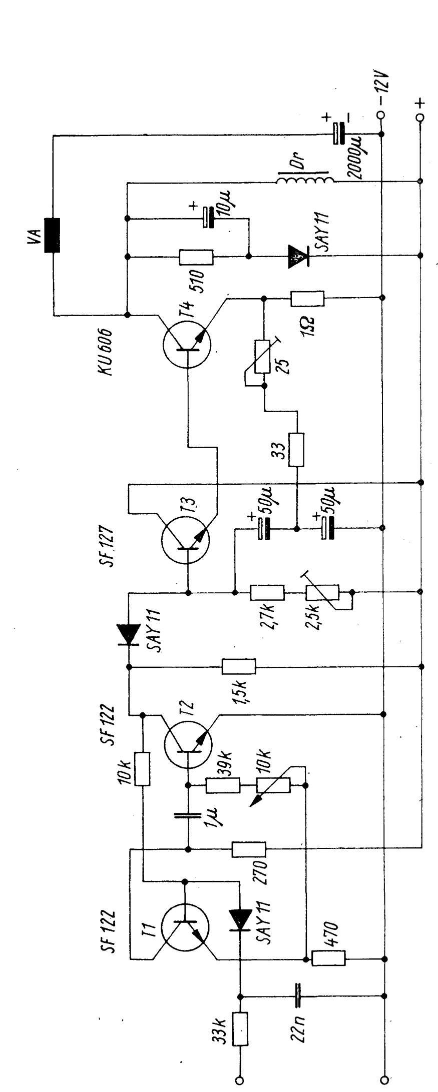


Bild 4.5 Vertikalablenkung

Basis- und Emitterkreis von T1 und T2. Auf die Oszillatorstufe folgt der Treiber; er ist mit dem Siliziumtransistor T3 (*SF 127*) aufgebaut und arbeitet mit dem Endstufentransistor T4 (Siliziumtyp KU 606) in Gleichstromkopplung. Die Bildhöhe wird durch Verändern der Basisspannung des Treibertransistors eingestellt. Die Bildlinearitätsregelung erfolgt durch eine Gegenkopplung vom Emitter des Endstufentransistors auf die Basis des Treibertransistors. Für die Endstufe transistorisierter Vertikalablenkschaltungen kommen zur Auskopplung 3 Schaltungsarten in Frage: die Transformatorkopplung, die Drosselkopplung oder die „eisenlose Endstufe". In dieser Schaltung wurde die Drosselkopplung gewählt. Die Ablenkeinheit wird über einen Kondensator von 2000 μF angekoppelt.

Baut man den Monitor mit der 16-cm-Bildröhre *B 16 G 1* auf, so ist die Spannungsversorgung der Röhre entsprechend der Schaltung nach Bild 4.6 vorzunehmen. Außer der Heizfadenspannung von 6,3 V leitet man sämtliche Versorgungsspannungen für die Bildröhre von der Horizontalablenkschaltung ab. Dazu werden die Rücklaufspitzenspannungen mit 2 Dioden gleichgerichtet.

Zur Unterdrückung des Rücklaufs wird dem Steuergitter der

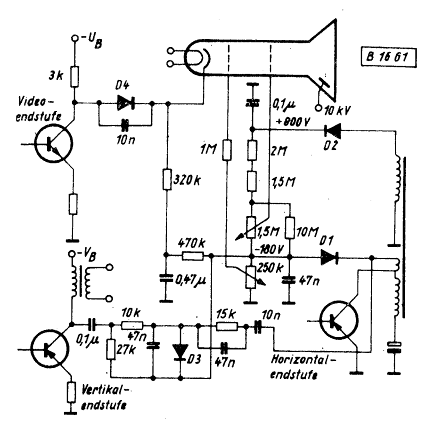


Bild 4.6 Spannungsversorgung der Bildröhre *B 16 G 1*

Bildröhre ein Gemisch aus Horizontal- und Vertikalrücklaufimpulsen zugeführt. Der Bezugspunkt des Austastimpulsnetzwerks liegt an —180 V. Hierdurch wird in Verbindung mit der Katoden-RC-Kombination 320 kΩ/0,47 μF unmittelbar nach dem Ausschalten des Geräts eine rasche Entladung der Bildröhrenkapazität über den Strahlstrom erreicht (Leuchtfleckunterdrückung). Die Helligkeitsregelung erfolgt mit einem Potentiometer von 250 kΩ. Mit dem Potentiometer von 1,5 MΩ wird die Schärfe der Bildröhre eingestellt.
Soll der Monitor mit der 28-cm-Bildröhre *A 28 — 13 W* betrieben werden, benutzt man am besten für die Horizontalendstufe den Zeilentransformator des Kofferempfängers *K 67* und übernimmt dann auch die gesamte Spannungsversorgungsschaltung der 28-cm-Bildröhre von diesem Kofferempfänger. Die Schaltung des Kofferempfängers *K 67* ist aus [10] zu ersehen.

5. Signalgeber für den Abgleich

Der Abgleich eines Videoverstärkers für eine Fernsehkamera stellt den Amateur vor einige Probleme, die im folgenden behandelt werden sollen. Zweckmäßigerweise gleicht man den Videoverstärker ab, bevor man ihn in die Kamera einbaut. Nach einer Spannungs- und Stromkontrolle der einzelnen Stufen des Videoverstärkers erfolgt der eigentliche Abgleich der Bandbreite und der Verstärkung. In der Industrie werden dafür Wobbelmeßgeräte, Leistungsmeßgeneratoren und ähnliches eingesetzt. Dem Amateur aber stehen diese Meßgeräte nicht zur Verfügung, daher wurde eine Möglichkeit gesucht, um diese Probleme einfacher lösen zu können. Eine Lösung, die der Amateur realisieren kann, ist der Eigenbau von Bildmustergeneratoren. Praktische Erfahrungen wurden mit einem Balkengenerator und einem Treppengenerator gesammelt. Bild 5.1 zeigt die Zusammenschaltung von Videoverstärker, Oszillograf und Signalgenerator. Um das vom Signalgenerator gelieferte Signal auf einen Wert von etwa 0,3 μA zu bringen, war noch ein Eingangsspannungsteiler erforderlich. Bild 5.2 zeigt die Schaltung. Er reduziert das Ausgangssignal des Generators von etwa $U_{SS} = 1$ V auf den geforderten Wert von etwa 0,3 μA.

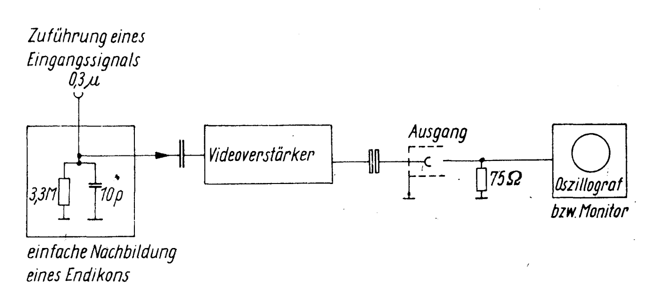


Bild 5.1 Zusammenschaltung von Videoverstärker, Oszillograf und Signalgenerator beim Abgleich des Videoverstärkers

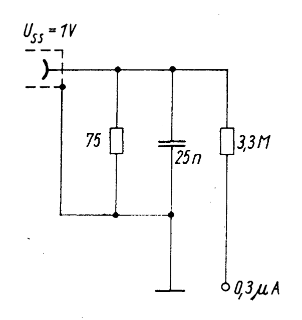


Bild 5.2
Spannungsteiler zur Reduzierung der Videoverstärkereingangsspannung auf den Wert von 0,3 μA

5.1. Balkengenerator

Eine einfache Möglichkeit eines Bildgenerators ist der Balkengenerator. Dabei verzichtet man auf die Möglichkeit, horizontale und vertikale Balken gleichzeitig zu erzeugen. Die jeweiligen schwarzen Bildbalken, die das Videosignal darstellen, dienen auch gleichzeitig als Austast- und Synchronisationsimpulse.
Die waagerechten Balken, d. h. eine Rechteckfrequenz mit niedriger Impulsfolge, erzeugt man am einfachsten mit einem Multivibrator. Dieser wird mit 2 NF-Transistoren aufgebaut. Durch unterschiedliche Dimensionierung der Koppel-Zeitkonstanten erreicht man eine Unsymmetrie der Rechtecke. Entsprechende Schaltmaßnahmen ermöglichen es, daß die von einem solchen Multivibrator gelieferte Spannung fast rechteckig ist. Die Frequenz des Multivibrators beträgt etwa 300 bis 400 Hz.
Zur Erzeugung senkrechter Balken ist eine höhere Frequenz erforderlich. Der Hinlauf der Zeile dauert etwa 50 μs. Das entspricht einer Frequenz von 20 kHz, bei der ein weißer und ein schwarzer Balken sichtbar werden. Für 5 schwarze Balken ist daher eine Balkenfrequenz von 100 kHz notwendig.
Diese höhere Frequenz gestattet den Einsatz eines Sinusoszillators. Eine sinusförmige Modulationsfrequenz ergibt aber unscharfe Balkenränder, was den Abgleich eines Videoverstärkers sehr erschweren würde. Wirksame Abhilfe bringt

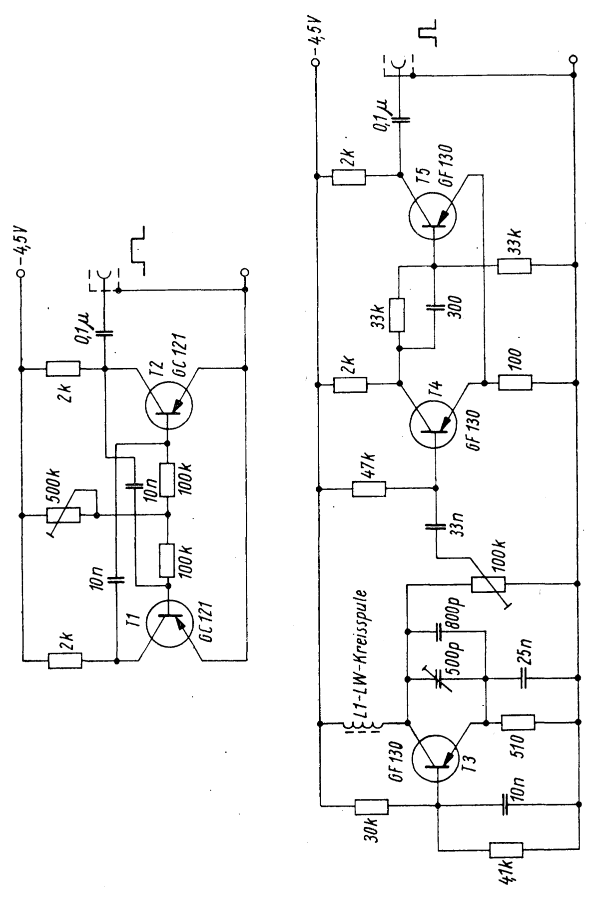


Bild 5.3 Balkengenerator für horizontale und vertikale Balken

hier die Nachschaltung eines monostabilen Multivibrators. Damit werden sehr scharfe Balkenränder erzielt.
Bild 5.3 zeigt die Schaltung des Balkengenerators. Die Funktion ist folgende: Die waagerechten Balken werden durch einen Multivibrator (T1, T2) erzeugt. Da alle Widerstände

symmetrisch und gleich sind, erfolgt die grobe Festlegung der verschiedenen Zeitkonstanten (Tastverhältnis) durch die Koppelkondensatoren. Der Einstellregler von 500 kΩ dient zur kontinuierlichen Einstellung der Balkenfrequenz. Der Generator für die senkrechten Balken besteht aus dem Sinusoszilator mit dem Transistor T3 und einem gesteuerten monostabilen Multivibrator mit den Transistoren T4 und T5. Der Transistor T3 arbeitet in einer sehr einfachen Schwingschaltung in Basisschaltung. L1 bildet die Kreisinduktivität. Es wird die *Colpitts*-Schaltung benutzt. Mit dem Trimmer im Rückkopplungsweg läßt sich die Balkenfrequenz einstellen. Über den Einstellregler von 100 kΩ wird ein Teil der Sinusspannung abgegriffen und der Basis des Transistors T4 des monostabilen Multivibrators zugeführt. Der Kondensator von 300 pF zwischen T4 und T5 kompensiert die Eingangskapazität von T5. Die Betriebsspannung beträgt 4,5 V. Das ist sehr günstig, da man hierfür eine Flachbatterie einsetzen kann. Als Transistoren für T1 und T2 werden Germaniumtypen *GC 121* eingesetzt, für T3, T4 und T5 kommen nur HF-Typen in Frage, es wird der Germanium-HF-Transistor *GF 130* verwendet. Die Ausgänge für die waagerechten und senkrechten Balken werden der Einfachheit halber an getrennte Koaxialbuchsen geführt.

5.2. Treppengenerator

Ein weiteres Prüfgerät für den Abgleich und für die Fehlersuche in Amateurfernsehanlagen ist ein Treppengenerator. Bild 5.4 zeigt die Schaltung, die aus einem Multivibrator, einem Mischteil und der Endstufe besteht. Für den Betrieb dieses Treppengenerators kann die Impulszentrale der vorhandenen Fernsehkamera verwendet werden. Die in dieser Impulszentrale erzeugten Horizontalimpulse steuern den Multivibrator über die Basis des Transistors *SF 132*. Mit dem 2,5-kΩ-Einstellregler läßt sich die Kippfrequenz variieren. Am Kollektor des 2. Multivibratortransistors (*SF 132*) werden die Impulse (Amplitude etwa U_{SS} 11,5 V) ausgekoppelt. Die

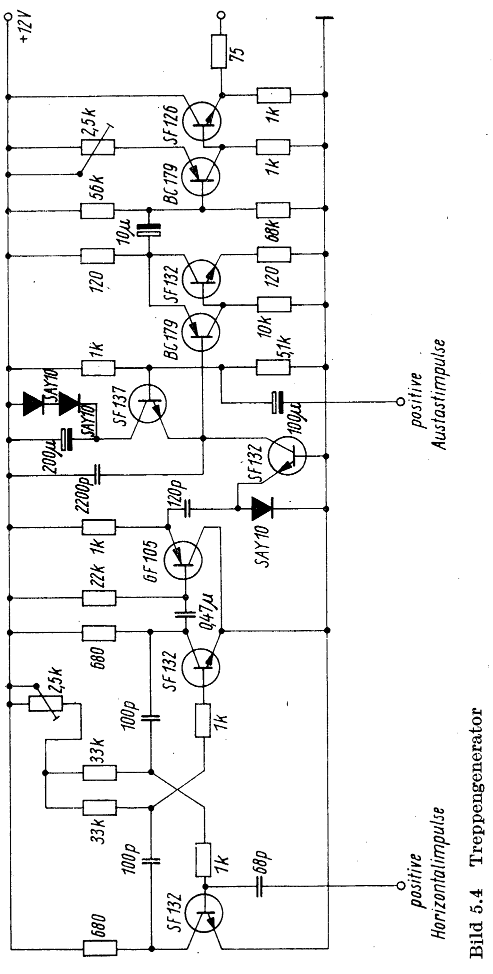


Bild 5.4 Treppengenerator

Transistorstufe, bestehend aus dem HF-Transistor *GF 105*, dient als Trennstufe. Die Impulsamplitude am Emitter des *GF 105* beträgt etwa $U_{ss} = 2{,}5$ V. Über den 100-μF-Kondensator erfolgt die Zumischung des ebenfalls der Impulszentrale

entnommenen Austastimpulses, so daß am Emitter des *SF 137* ein Treppenimpuls mit einer maximalen Amplitude von 2,65 V entsteht. Der Treppenimpuls wird nachfolgend verstärkt und über einen 75-Ω-Widerstand am Emitter des *SF 126* ausgekoppelt. Die Amplitude dieses Treppenimpulses kann mit dem 2,5-kΩ-Einstellregler im Emitter des *BC 179* geregelt werden.

6. Aufbau und Inbetriebnahme

Eine Fernsehkamera wird je nach elektrischer Ausführung in einem Gehäuse als Kompaktkamera oder als hochwertige Kamera mit getrenntem Taktgeber, Verstärker und Bedienteil aufgebaut. Als Beispiel sei hier die Kompaktkamera *TFK 500* vom VEB *Studiotechnik* Berlin [7] genannt, die mit 30 Transistoren aufgebaut ist. Am Ausgang steht je nach Wunsch das BAS-Signal hochfrequent oder videofrequent zur Verfügung.
Bei einer größeren Kamera erfolgt eine Trennung der Baugruppen. Es werden im eigentlichen Kameragehäuse nur noch die Aufnahmeröhre mit ihren Kippgeräten und ein Videoverstärker untergebracht. Die Impulsaufbereitung sowie die Videohauptverstärkung mit gesamter Stromversorgung erfolgt in einem getrennten Gehäuse; man nennt sie meist Taktgeber.
Bild 6.1 zeigt den Aufbau einer Kompaktkamera in seiner Grundkonzeption. Im Unterteil ist das Netzteil untergebracht.

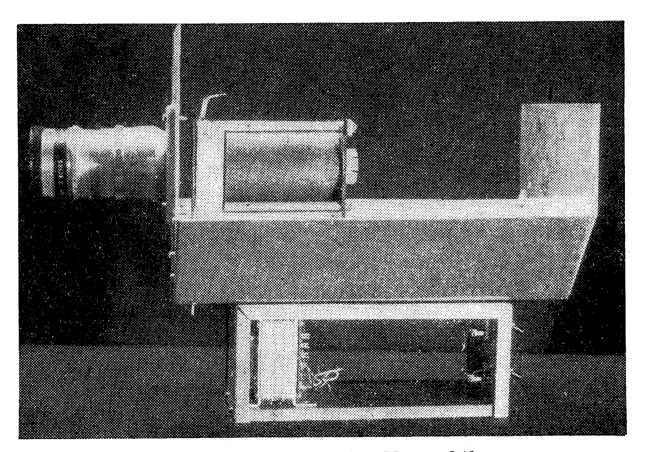


Bild 6.1 Ansicht eines Chassis für eine Kompaktkamera

Der Netztransformator liefert eine Spannung von 230 V für die Betriebsspannungen des Endikons sowie eine Niedervoltspannung von etwa 2 × 17 V, mit dem ein elektronisch stabilisiertes Netzteil betrieben wird. Die Wickeldaten des Netztransformators sind:

Kern M 65

Primärwicklung	220 V (1650 Wdg., 0,17-mm-CuL)
Sekundärwicklung	2 × 17 V (2 × 128 Wdg., 0,24-mm-CuL)
	6,3 V (52 Wdg., 0,5-mm-CuL)
etwa	230 V (1725 Wdg., 0,1-mm-CuL)

Bild 6.2 zeigt den Stromlaufplan und Bild 6.3 die Ansicht der bestückten Leiterplatte des auf 15 V elektronisch stabilisierten Netzteils. Das eigentliche Kameragehäuse ist mit dem Netzteil (Bild 6.1) durch eine Steckleiste verbunden. Der innere Boden des Kameragehäuses sollte aus einer stärkeren Aluminium- oder Messingplatte bestehen, da hierauf die Ablenkeinheit mit

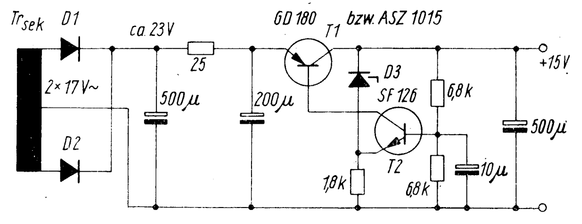


Bild 6.2 Elektronisch stabilisiertes Netzteil für 15 V

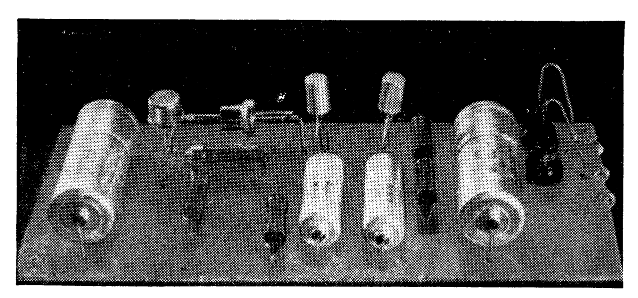


Bild 6.3 Ansicht des 15-V-Netzteils

2 stabilen Winkeln aus Profilmaterial montiert wird. Die Ablenkeinheit muß auf der stärkeren Bodenplatte verschiebbar (eventuell mit Langlöchern) befestigt werden. Der Abstand Objektiv-Kameraröhre muß genau einstellbar sein, wenn man maximale Bildschärfe erreichen will.

Es erübrigt sich, im Rahmen dieser Broschüre den Selbstbau einer Ablenkeinheit näher zu erläutern, da diese Ablenkeinheit, die auch von uns erprobt wurde, im *Elektronischen Jahrbuch 1967* [11] beschrieben ist.

In einer zweiten Ausführung dieser Ablenkeinheit wurde die Fokussierspule geändert, da sich für eine Niederspannungsregelautomatik für den Fokussierstrom eine niederohmige Ausführung besser eignet. Die Fokussierspule wurde für 6 V und 300 mA bemessen. In diesem Fall erhält die Spule 220 Wdg., 0,3-mm-CuL-Draht. Der weitere Aufbau der Kompaktkamera wird auf 2 Leiterplatten vorgenommen. Die Leiterplatten sind links und rechts der Ablenkeinheit angeordnet. Auf der 1. Leiterplatte (Bild 6.4) ist der Videoverstärker mit automatischer Videosignalregelung aufgebaut. Die Beschreibung des Videoverstärkers findet der Leser in Abschnitt 2.8. Der Transformator Tr der Videosignalregelung ist auf einen Ferritschalenkern mit einem A_L-Wert von 250 nH Wdg.$^{-1}$ gewickelt. Die Primärwicklung besteht aus 100 Wdg., die Sekundärwicklung aus 300 Wdg., 0,16-mm-CuL-Draht.

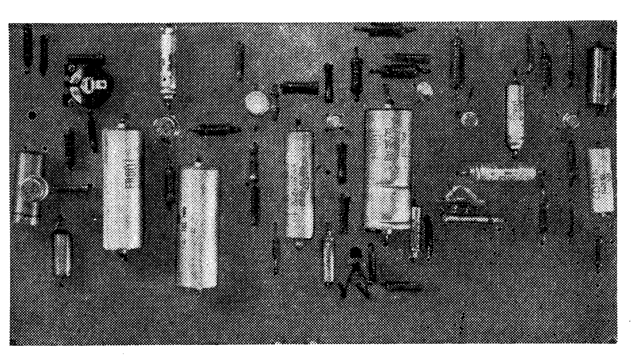


Bild 6.4 Ansicht eines Videoverstärkers, der für eine Kompaktkamera geeignet ist

Im Abschnitt 2.6. sind die Ablenk- und die Impulserzeugerstufen für diese Kompaktkamera beschrieben. Der Stromlaufplan ist in Bild 2.34 wiedergegeben. Bild 6.5 zeigt die Ansicht der Leiterplatte.
Nun einige Aufbauhinweise für diese Baustufe. Der Impulstransformator Tr1 ist ein Originaltransformator aus dem Vertikalkippgenerator des *Rafena*-Fernsehgeräts *Patriot*. Wer den Transformator selbst wickeln möchte, benötigt einen Transformatorblechkern mit einem Kernquerschnitt von 2,5 mm × 6,4 mm. Die Primär- und Sekundärwicklung erhält je 1900 Wdg., 0,08-mm-CuL.
Der Transformator Tr2 muß selbst angefertigt werden. Man bringt auf einen Ferritschalenkern (A_L-Wert 250 nH Wdg.$^{-1}$) folgende Wicklungen auf:

N1 84 Wdg., 0,26-mm-CuL,
N2 25 Wdg., 0,26-mm-CuL,
N3 36 Wdg., 0,26-mm-CuL.

Die Drossel L2 im Kollektorkreis vom Horizontalendstufentransistor T8 soll eine Induktivität von 15 mH bei einem Widerstand von 70 Ω aufweisen.
Die Spule L3 dient zur Kompensation von Nichtlinearitäten des Sägezahnstroms. Für L3 kann die Horizontallinearitätsspule des Fernsehempfängers *Ines* eingesetzt werden. Will man

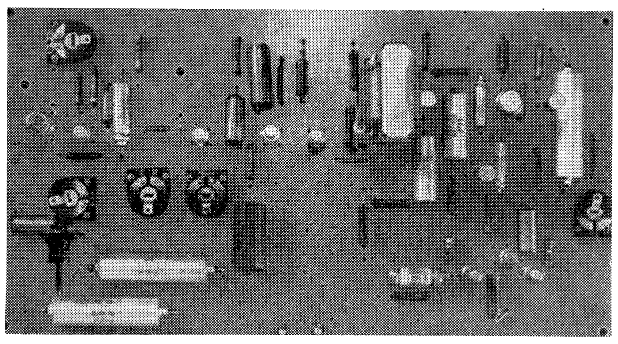


Bild 6.5 Ansicht der bestückten Leiterplatte nach der Schaltung Bild 2.34

die Spule selbst anfertigen, dann müssen auf einen Ferritstab von 2 mm Durchmesser und 25 mm Länge etwa 200 Wdg., 0,16-mm-CuL gewickelt werden. L1 und L4 sind die vertikalen bzw. horizontalen Ablenkspulen.
Für die Bedienungselemente der Kamera ist die Rückwand vorgesehen, hier befindet sich ebenfalls die Koaxialbuchse für den BAS-Ausgang. Soll die Kamera auch einen HF-Ausgang erhalten, so ist noch eine 2. Koaxialbuchse erforderlich. Der HF-Trägeroszillator wird dann an der Innenseite der Rückwand, direkt hinter der Koaxialbuchse angeordnet.
Baut man einen Impulsgeber für eine größere Kamera, z. B. wie in Abschnitt 2.5. beschrieben, so ist es sehr günstig, die Schaltung des Impulsgebers in Baugruppen aufzuteilen und für jede Baugruppe eine Leiterplatte anzufertigen, die man dann entweder als Steckkarten ausführt oder über Lötösenleisten miteinander verbindet. An Hand von einigen Beispielen sollen diese Baugruppenleiterplatten vorgestellt werden. Bild 6.6 zeigt die Leiterplatte eines elektronisch stabilisierten Netzteils, die Z-Dioden befinden sich direkt mit auf der Leiterplatte. Die Betriebsspannung wird der Leiterplatte schon als Gleichspannung zugeführt, da das Gleichrichterpaar für die Zweiweggleichrichtung auf einem Kühlblech neben dem Netztransformator angeordnet ist. Der Ladekondensator von 2000 μF befindet sich ebenfalls dort. Bild 6.7 zeigt den Aufbau

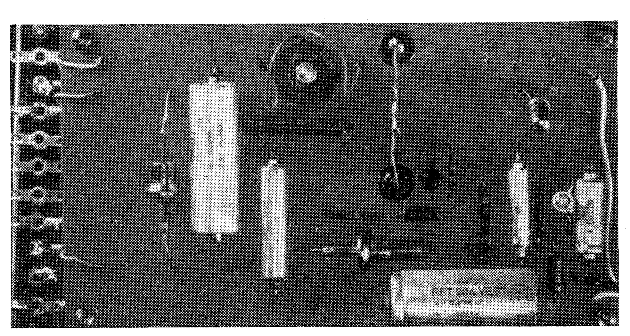


Bild 6.6 Leiterplatte eines elektronisch stabilisierten Netzteils für 30 V

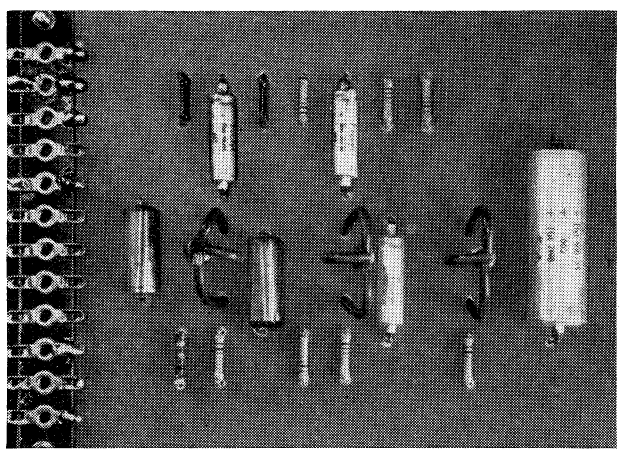


Bild 6.7 Vertikalimpulsformer — als Beispiel für die Steckkartentechnik

eines Vertikalimpulsumformers mit 2 Transistoren, aufgebaut nach der Schaltung von Bild 2.27. Der 3. auf der Leiterplatte befindliche Transistor bewirkt eine weitere Vertikalimpulsformung.

Bild 6.8 zeigt den Aufbau des Muttergenerators der Impulszentrale nach Bild 2.28; die beiden Transistoren sind Silizium-Typen. Bild 6.9 stellt einen Multivibrator dar, der als Frequenzteiler mit Trennstufen aufgebaut ist. Alle weiteren erforderlichen Baugruppen sind auf Leiterplatten gleichen Typs und Größe aufgebaut. Bild 6.10 zeigt diesen einheitlichen Plattentyp.

Hinweise für den Aufbau des Monitors nach Abschnitt 4.1.: Der Monitor kann in ein beliebiges Gehäuse, passend zur Bildröhre, eingebaut werden. Auch ein Industriegehäuse ist geeignet. Für die einzelnen Baugruppen fertigt man — etwa entsprechend der Schaltbildaufteilung — Leiterplatten an. Für die Bildröhre *B 16 G1* wird eine 70°-Ablenkeinheit vom VEB *Rafena* benutzt, bei der der Fokussiermagnet entfernt wurde (s auch unter [12]). Aufbaumäßig ist die Horizontalablenkung am kritischsten.

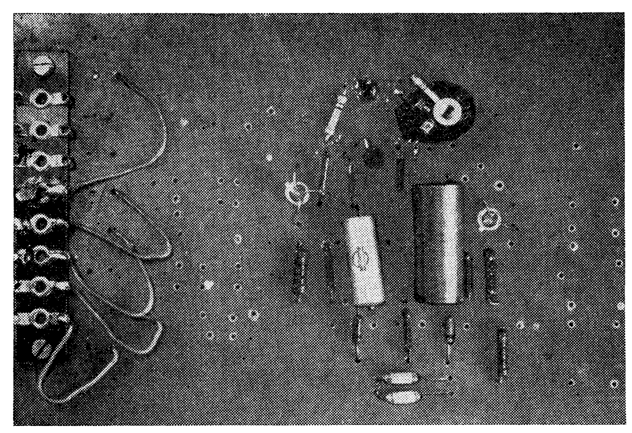


Bild 6.8 Generator zur Impulserzeugung

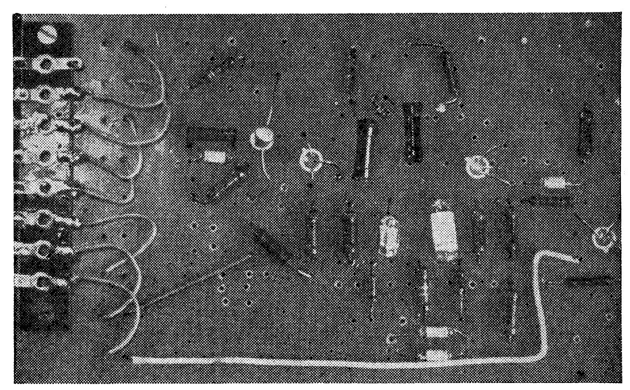


Bild 6.9 Multivibrator, der als Frequenzteiler aufgebaut ist

Nachstehend die Daten der hierfür erforderlichen Transformatoren und Spulen:

Transformator Tr1 (Bild 4.3)

- Kollektorwicklung 150 Wdg., 0,2-mm-CuL,
- Basiswicklung 50 Wdg., 0,2-mm-CuL
- Wicklung für Treiberstufe 38 Wdg., 0,5-mm-CuL
- Kern E 20 aus Ferrit

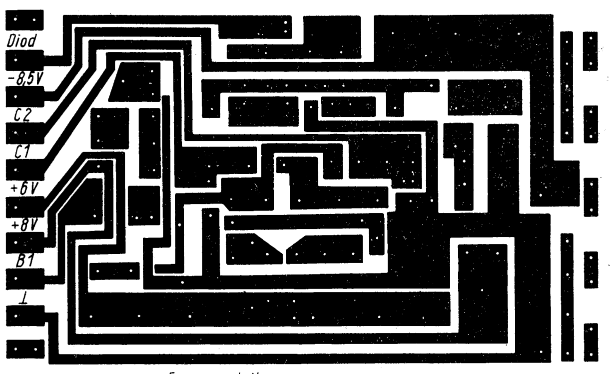


Bild 6.10 Nach diesem Leiterplattenschema wurden alle Impulsbaugruppen aufgebaut

Transformator Tr2

— Primärwicklung	20 Wdg., 0,4-mm-CuL
— Sekundärwicklung	5 Wdg., 0,4-mm-CuL
— Kern E 30 aus Ferrit	

Die Spule L1 muß eine Induktivität von 100 μH und die Spule L2 eine von 25 μH aufweisen.
Der Transformator Tr3 ist der Zeilentransformator. Dafür sollte man einen Originaltransformator verwenden. Gut geeignet ist der Transformator des Kofferempfängers *K 67*.
Die Vertikalablenkstufe nach Bild 4.5 läßt sich einfach aufbauen. Der Treibertransistor T3 erhält einen Kühlstern, der Endstufentransistor T4 ist auf einem Kühlblech montiert, das die gleiche Größe wie die Leiterplatte erhält. Der Endstufentransistor wird in Drosselkopplung betrieben. Diese Drossel besteht aus einem Transformatorkern M 42, auf den 100 Wdg., 0,4-mm-CuL-Draht gewickelt werden. Die 3 Einstellregler für die Bildfrequenz, Bildhöhe und Bildlinearität ordnet man zweckmäßigerweise an der Rückwand des Monitors an.
Für die Inbetriebnahme und Einstellung der selbstgebauten Fernsehkamera benötigt man folgende Meß- und Prüfgeräte:

- Spannungsmesser ($R_i = 20\ k\Omega/V$),
- Oszillograf (möglichst mit getriggerter Zeitablenkung),
- Signalgeber,
- Testbilder.

Die Testbilder (Bild 6.11 zeigt ein Schachbrettbild) sollten möglichst als Diapositiv zur Verfügung stehen. Dadurch sind sie haltbarer, lassen sich gleichmäßiger ausleuchten und gestatten die Wiedergabe eines Kontrastumfangs von etwa 1 : 300. 2 Signalgeber wurden in Abschnitt 5. beschrieben. Für den Amateur ist es zweckmäßig, mit dem Bau der Impulszentrale zu beginnen. Zuerst wird die Grundfrequenz erzeugt, die man dann mit dem Oszillografen auf Sollfrequenz abgleicht, so daß nach und nach alle Impulsfrequenzen oszillografisch zur Verfügung stehen. Als nächstes stellt man den Videoverstärker entsprechend Bild 5.1 ein. Dabei werden die Stufen nacheinander, beginnend an der Eingangsstufe, eingestellt und abgeglichen. Wird als Signalgeber ein Treppengenerator verwendet, dann muß jede Stufe den Treppenimpuls ohne Verzerrungen übertragen bzw. verstärken, so daß auf einem am Ausgang angeschlossenen Monitor ein senkrecht stehender Graukeil mit scharfen Konturen entsteht. Der Frequenzgang läßt sich überschläglich mit einem Strichraster (Testbild) mit bekannten Perioden ermitteln. Bild 6.12 zeigt

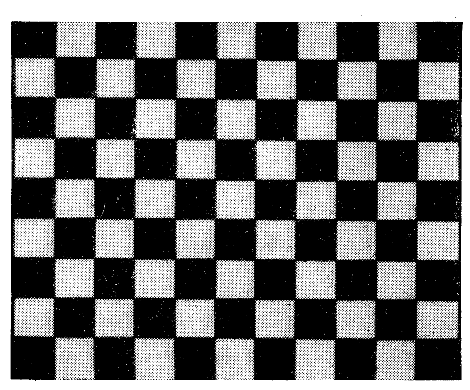


Bild 6.11 Schachbrettbild

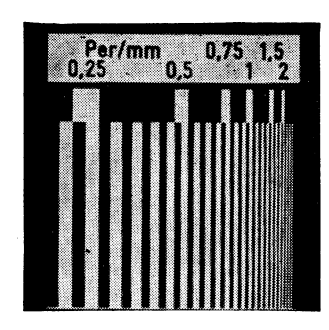


Bild 6.12
Strichrastertestbild

einen solchen Strichraster. Die Frequenz ist dann der reziproke Wert der Periodendauer. Als obere Periodengrenze gilt die Periode, die auf einem Monitor gerade noch aufgelöst wird. Schließt man an den Videoverstärkerausgang einen Oszillografen an, so bildet sich auf der Oszillografenröhre das komplette BAS-Signal ab. Mit den vorhandenen Einstellwiderständen und Einstellreglern kann die geforderte Amplitude eingestellt werden. Bei Schwingneigung des Videoverstärkers (überbetonte Konturen, Ausfransen oder verzerrtes BAS-Signal) ist jede Verstärkerstufe einzeln durchzumessen. Bei zu geringem Frequenzgang entsteht ein unscharfes Bild. Wirkt das Bild blaß und kontrastlos, so reicht die vorhandene Verstärkung nicht aus.
Ist der Videoverstärker abgeglichen, so werden alle für die Kamera benötigten Baugruppen zusammengeschaltet und die Netzspannung angelegt. Das Endikon befindet sich noch nicht in der Ablenkeinheit. Da das Endikon das teuerste Bauelement der Fernsehkamera ist, sollte man es erst nach der Funktionskontrolle aller Ablenkendstufen und Spannungen einsetzen. Folgende Werte sind möglichst einzuhalten:

— Signalplattenspannung + 20 V,
— Spannung am Gitter 1 — 80 V,
— Spannung am Gitter 3 + 300 V,
— Strom durch die Fokussierspule 300 mA.

Die Impulsamplituden an der Ablenkeinheit überprüft man mit dem Oszillografen.

Nach diesen Messungen kann das Endikon in die Ablenkeinheit eingesetzt und die Kamera wieder in Betrieb genommen werden.
Auf das Endikon wird bei weit geöffnetem Objektiv ein Testbild projiziert. Der Abstand Testbild — Objektiv sollte nicht unter 1 m liegen.
Wird an den BAS-Ausgang der Oszillograf angeschlossen, so müssen auf dem Bildschirm die Synchronisationsimpulse zu erkennen sein. Der Regler für den Strahlstrom des Endikons wird dann langsam soweit zurückgedreht (etwa —20 V), bis auf dem Oszillografenschirm das Videosignal erscheint. Dabei müssen auch die Bild- und Zeilenaustastung sichtbar werden, d. h., das Bildsignal darf sich erst etwa hinter der Rückflanke des Synchronisationsimpulses erheben. Anschließend wird ein Sichtgerät angeschlossen. Bei einwandfreier Funktion der Kamera müssen jetzt die Umrisse eines Bildes (Testbild) sichtbar sein, und durch abwechselndes Nachstellen des Objektivs sowie der magnetischen Fokussierung erfolgt eine Bildschärfeeinstellung. Läßt sich die Bildschärfe auf diesem Weg nicht erreichen, so liegt das überwiegend an einem falsch gewählten Abstand Objektiv — Endikon. Eine Korrektur ist nur durch das Verschieben der Ablenkeinheit möglich. Erscheint das aufgenommene Bild verdreht (s. Bild 2.6), dann muß die Ablenkeinheit ebenfalls gedreht werden. Bei kontrastarmen Bildern empfiehlt es sich, die Signalplattenspannung zu erhöhen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß das Bild überstrahlt, d. h., der Strahlstrom muß nachgestellt werden. Er soll aber so negativ wie möglich sein, da sich andernfalls die Bildqualität merklich verschlechtert; bei den hellsten Bildpunkten muß gerade eine vollständige Umladung des Bildes erfolgen. Das Betreiben der Kamera mit extrem hoher Signalplattenspannung sollte möglichst vermieden werden, da sich sonst ein sehr ungünstiges Verhältnis Dunkelstrom/Signalstrom einstellt. Für die Linearitätseinstellung ist es günstig, ein Testbild mit einem Kreis zu verwenden. Mit den in den Ablenkstufen vorhandenen Regelungsmöglichkeiten für die Linearität (Widerstand — Spule) wird unter Sichtkontrolle ein kreisrundes Bild auf dem Monitor eingestellt. Die Ablenk-

amplituden sollten nicht zu klein sein, da sonst die Fotohalbleiterschicht des Endikons zerstört werden kann. Auch besteht bei nicht bewegten Testbildern und sehr großer Helligkeit die Gefahr des Einbrennens (s. Bild 2.7).

7. Tabellenanhang

Tabelle 1 Brennweiteneinstellung

Objektbreite Objektentfernung	Erforderliche Brennweite in mm
≈ 1	10
$\approx \frac{1}{2}$	25
$\approx \frac{1}{3}$	35
$\approx \frac{1}{4}$	50
$\approx \frac{1}{6}$	75
$\approx \frac{1}{8}$	100

Tabelle 2 Fotoobjektive für Exakta, Exa und Praktika

Fotoobjektiv	Öffnungsverhältnis/ Brennweite in mm	Bildwinkel	Kürzeste Einstellentfernung in m
Orestegon	1 : 2,8/ 29	73°	0,25
Lydith	1 : 3,5/ 30	72°	0,33
Oreston	1 : 1,8/ 50	47°	0,33
Domiplan	1 : 2,8/ 50	47°	0,75
Orestor	1 : 2,8/100	24°	1,10
Flektogon	1 : 4 / 20	93°	0,16
Flektogon	1 : 2,8/ 35	62°	0,18
Tessar	1 : 2,8/ 50	45°	0,5
Tessar	1 : 2,8/ 50	45°	0,6
Pancolar	1 : 2 / 50	45°	0,5
Biotar	1 : 1,5/ 75	32°	0,8

Tabelle 3 Reflektionsfaktoren für einige Materialien

Material		Reflektionsfaktor e
Aluminium	(poliert)	0,67 ... 0,7
Aluminium	(matt)	0,55 ... 0,60
Messing	(poliert)	0,61 ... 0,62
Stahl	(blank)	0,55
Kupfer		0,48
Email	(weiß)	0,65 ... 0,75
Anstrich	(neu, weiß)	0,82 ... 0,89
Anstrich	(alt, weiß)	0,75 ... 0,85
Anstrich	(gelb)	0,61 ... 0,75
Anstrich	(hellgrün)	0,48 ... 0,75
Anstrich	(hellblau)	0,34 ... 0,61
Anstrich	(gelbbraun)	0,30 ... 0,46
Anstrich	(grau)	0,17 ... 0,63
Anstrich	(dunkelgrün)	0,11 ... 0,25
Mörtel oder Stein	(hell)	0,40 ... 0,50
Beton	(rauh)	0,37 ... 0,23
Beton	(glatt)	0,37 ... 0,15
Sand	(gelb)	0,31 ... 0,18
Ziegel	(rot)	0,25
Mörtel oder Stein	(dunkel)	0,25
Granit		0,20 ... 0,10
Gras		0,14 ... 0,09
Ackerboden trocken bis naß		0,072 ... 0,055
Asphalt trocken bis naß		0,067 ... 0,11

Tabelle 4 Auszug aus den technischen Daten der Endikon — Typen F 2,5 M2a; F 2,5 M2; F 2,5 M3; F 2,5 M3a

	F 2,5 M2	F 2,5 M 2a	F 2,5 M3	F 2,5 M3a
Heizspannung/Heizstrom	6,3 V/0,3 A			
Kapazität (Signalplatte gegen Elektroden)	etwa 5 pF			
Fokussierung/Ablenkung	magnetisch			
Strahljustierung	Korrekturspule oder -magnet			
Gesamtlänge/größter Durchmesser	163 ± 2 mm/28,5 —0,1 mm		161 ± 2mm/28,5 —0,1 mm	
Sockel	8polig, spezial			
Betriebswerte				
Anodenspannung	300 ... 400 V		300 ... 400 V	
Spannung am Gitter 2	300 ... 400 V		300 ... 400 V	
Spannung am Gitter 1	— 20 ... —100 V		—20 ... — 80 V	
Signalplattenvorspannung	5 ... 100 V		5 ... 100 V	
Beleuchtungsstärke auf Fotohalbleiterschicht	1000 lx	10 lx	1000 lx	10 lx
Signalplattenvorspannung	10 ... 40 V	30 ... 80 V	10 ... 40 V	30 ... 70 V
Dunkelstrom	0,02 μA	0,1 μA	0,02 μA	0,1 μA
Signalstrom	0,4 μA	0,2 μA	0,3 μA	0,2 μA
Grenzwerte				
Anodenspannung	600 V		750 V	
Spannung am Gitter 2	600 V		600 V	
Spannung am Gitter 1	—150 V		—150 V	
Signalplattenvorspannung	100 V		100 V	
Dunkelstrom	0,2 uA		0,2 uA	
Signalstrom	0,5 uA		0,5 uA	
Beleuchtungsstärke auf Foto-Halbleiterschicht	3000 lx		3000 lx	
Temperatur der Planscheibe	60 °C		30 °C	

Tabelle 5 Daten der Ablenkeinheit FK 20

Horizontalablenkung:	Anschlüsse — ws — gn	
	R_H	4,5 Ω
	L_H	1,42 mH
Vertikalablenkung:	Anschlüsse — br — bl	
	R_V	180 Ω
	L_V	85 mH
Fokussierung:	Anschlüsse — ge — rt	
	R_F	10 Ω
	I	300 mA

Literatur

[1] *Schaaf, D.*: Angewandte Fernsehtechnik, VEB Verlag Technik Berlin 1960

[2] *Schmidt, U.*: Elektronische Kamera zum Selbstbauen, FUNK-TECHNIK 1966, Heft 18, Seite 653, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde

[3] ...: Fachkunde für Rundfunkmechaniker, Teil Fernsehen, VEB Fachbuchhandel Leipzig

[4] *Schweigert, H.*: Hochfrequenzoszillatoren mit Quarzstabilisierung, FUNK-TECHNIK 1967, Heft 12, Seite 448, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde

[5] ...: Delcalix-Röntgenfernsehanlage, Firmenunterlagen

[6] ...: Valvo-Technische Informationen, Eine einfache transistorbestückte Vidikon-Kamera, TI 86

[7] *Schröder, K.*: TFK 500 — eine neue Kompaktkamera des angewandten Fernsehens, Radio Fernsehen Elektronik 21 (1972) Heft 5, Seite 150, VEB Verlag Technik, Berlin

[8] *Kruse, R.*: Ein Fernsehmonitor für universelle Anwendung, Funkamateur 1968, Heft 3, Seite 133, Deutscher Militärverlag, Berlin

[9] *Schmidt, U.*: Selbstbau eines 17-cm-Monitors, FUNK-TECHNIK 1966, Heft 24, Seite 877, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde

[10] *Anders, R.*: Kofferempfänger „K 67", Funkamateur 1967, Heft 8, Seite 389, Deutscher Militärverlag, Berlin

[11] *Fortier, H.*: Transistorfernsehkamera selbstgebaut, Elektronisches Jahrbuch, 1967, Seite 107, Deutscher Militärverlag, Berlin 1966

[12] *Kruse, R.*: Transistorisierte Fernsehempfänger selbstgebaut, Reihe electronica, Band 98, Deutscher Militärverlag, Berlin 1970

1. Auflage, 1.—15. Tausend
Militärverlag
der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) — Berlin, 1974
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5
LSV: 3539
Lektor: Wolfgang Stammler
Zeichnungen: Eveline Leipold
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Ingeborg Zoschke
Vorauskorrektor: Johanna Pulpit · Korrektor: Marianne Renner
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam
Redaktionsschluß: 15. Oktober 1973
Bestellnummer: 745 605 6
EVP 1,90

126

